Raum und Zeit in Geographie und Geologie

Friedrich Ratzel

Natur- und kulturphilosophische Bibliothek

Band V.

Raum und Zeit in Geographie und Geologie.

Naturphilosophische Betrachtungen

von

Dr. Friedrich Ratzel
weiland Professor der Geographie zu Leipzig

Herausgegeben von

Dr. Paul Barth
a. o. Professor an der Universität zu Leipzig.

Der Künstlerin Natur sind Raum und Zeit billiges Material.
Emerson.

Leipzig 1907.
Verlag von Johann Ambrosius Barth.

Vorwort des Herausgebers.

Zu dem vorliegenden Buche waren dreierlei Materialien vorhanden: Zunächst die Abhandlungen Ratzels, die unter dem Titel: „Die Zeitforderung in den Entwickelungswissenschaften" im 1. und im 2. Band der „Annalen der Naturphilosophie", herausgegeben von W. Ostwald, erschienen aber in seine „Kleinen Schriften" (München und Berlin 1906, 2 Bände) nicht aufgenommen worden sind. Zweitens seine Aufzeichnungen für eine Vorlesung, die er im Sommer 1904, im letzten Halbjahre seiner Lehrtätigkeit, gehalten hat. Sie waren nur teilweise geordnet, zum großen Teile auf losen Zetteln verstreut. Drittens stand mir zur Verfügung eine sorgfältige Nachschrift dieser Vorlesung von Herrn Lehrer Gustav Schulze in Stötteritz bei Leipzig, dem ich dafür vielen Dank schulde. Aus der ersten Quelle stammt der allergrößte Teil des Buches, aus der zweiten S. 1—23 und S. 32—35, außerdem allerlei kleine Zusätze, die ich an geeigneter Stelle in den schon gedruckten Text eingeschoben habe. Dazu gehören auch zwei größere Einschiebsel, S. 138—140 und S. 157, die ich klein drucken ließ, weil ich sie in der Nachschrift der Vorlesung nicht wiederfand und darum nicht sicher war, ob sie dem Verfasser reif zur Veröffentlichung schienen. Die dritte Quelle diente mir wesentlich zur Bestätigung der richtigen Anordnung der Teile; nur wenige Sätze habe ich auch aus ihr dem Texte eingefügt. Meine eigenen Zusätze habe ich durch eckige Klammern als solche kenntlich gemacht.

Den Schlußsatz fand ich in Ratzels Aufzeichnungen. Der Leser wird finden, daß dieses Finale sich folgerichtig aus dem Texte ergibt. Das Leitwort habe ich selbst gewählt. Ich bin aus Unterredungen, die der Verfasser mit mir geführt hat, überzeugt, daß er ihm zustimmen würde. — Zur Ergänzung und Erläuterung, auch zur Erweiterung der hier vorgetragenen Gedanken kann vielfach dienen Ratzels Abhandlung: Geschichte, Völkerkunde und historische Perspektive, zuerst erschienen in der „Historischen Zeitschrift" Band 93 (1904) S. 1—46, dann wieder abgedruckt in den obengenannten „Kleinen Schriften" II S. 488—525.

Die Rolle, welche Raum und Zeit als reine Quantitäten in der Erklärung der Natur spielen, ist bisher nicht genug beleuchtet worden, weder von Philosophen noch von Naturforschern. Unter den Philosophen des 19. Jahrhunderts sind wohl nur zwei, die dieses Problem gesehen haben. Hegel berührt es mit seinem bekannten Prinzip, daß die Quantität in die Qualität umschlagen kann, und Fr. A. Lange hat in seiner Geschichte des Materialismus (3. Aufl. II, Iserlohn 1877, S. 225) darauf aufmerksam gemacht, indem er sagt: „Wie klein auch immer eine stetig wirkende Ursache sei, man hat nur die Zeiträume groß genug zu nehmen und das Resultat [sehr merkliche Wirkungen] ist unausbleiblich." So sind die vorliegenden Betrachtungen Ratzels, wenngleich der letzten Feile und der letzten Vollendung ermangelnd, doch geeignet, eine Lücke der naturphilosophischen Literatur ausfüllen zu helfen und zu ihrer weiteren Ausfüllung anzuregen.

Mir persönlich war es eine große Freude, daß Frau Geheimrat Ratzel mir die Möglichkeit gewährte, durch die geringe Mühe, die ich dieser Schrift gewidmet habe, dem Andenken des Verfassers einen kleinen Dienst leisten zu dürfen. Friedrich Ratzel vereinigte in sich alle menschlichen Vorzüge zu schöner Harmonie. Und alle, welche

das Glück hatten, ihm menschlich näher zu kommen, bewahren die Erinnerung an ihn als einen Schatz ihres Lebens; sie können nie aufhören mit tiefer Wehmut zu fühlen, daß er, wie den Seinen und der Wissenschaft, auch ihnen zu früh entrissen wurde.

Leipzig, 31. Januar 1907.

Paul Barth.

Inhaltsverzeichnis.

I. Teil.

Der Raum.

II. Teil.

Die Zeitforderung in den Entwicklungswissenschaften.

I. Teil.
Der Raum.

1. Kapitel.
Das Wesen des Raumes.

Die umfassendste Bedeutung des Wortes Raum ist: Weite, Leere. So kommt es in allen germanischen Sprachen vor. Wir haben im Gotischen rûm substantivisch im Sinne von: Platz, Raum und adjektivisch im Sinne von: breit, geräumig. Im Altnordischen ist schon die Vorstellung der Abgrenzung: rûm, freier Platz damit verbunden. Im Althochdeutschen vermannigfacht sich die Bedeutung. Man spricht von einem Raum, der zwischen zwei Landschaften liegt, und ein Zeitwort rûmjan bedeutet „Raumschaffen" im Sinne von Urbarmachen einer Wildnis; dazu kommt die Anwendung im Sinne von: den Platz räumen, fortgehen, eine leere Stelle lassen; rumen kommt sogar intransitiv für „fortgehen" vor. In alle Bedeutungen einzugehen, ist hier nicht der Ort, ich betone nur, daß immer der Grundgedanke bleibt: geräumig, weit, frei, und daß immer deutlicher auch die Abgegrenztheit in dem Wort zum Ausdruck kommt. Für unseren Zweck ist es wichtig, daß schon im Althochdeutschen die Anwendung des Wortes Raum auf Zeit im Sinne unseres „Zeitraum" vorkommt. „Im Raum des Tageslichtes" heißt es, für die Zeit des Tages, in der die Sonne scheint. Das entspringt derselben Art zu

denken, wie Schillers „Im Raum von wenigen Jahrhunderten".[1])

Die Unmöglichkeit, den Raum anders als unendlich zu denken, ist schon früh im Altertum anerkannt worden. Wer weiß, ob wir nicht vorgriechische Ideen in der Kosmogonie des Hesiod haben, die an den Anfang aller Dinge das Chaos setzt, das Leere, Gähnende, das bestimmt ist, erfüllt, mit Dasein geschlossen zu werden? Das ist nichts anderes als der Raum, in dem erst die Erde sich entwickelt, und aus der Erde geht das Meer und geht der Himmel hervor. Diese genetische Auffassung wird später, durch die Eleaten und Heraklit, zum philosophischen Lehrsatz. Man schließt: Nur durch das Leere könnte das Seiende begrenzt werden; da aber Leeres undenkbar ist, muß das Seiende unbegrenzt, unendlich sein. Und wenn Heraklit die ewige Veränderung lehrte, wies auch er den leeren Raum von sich; denn im Leeren wäre ja keine Veränderung möglich.

Eine ganz andere Auffassung lehrt Kant: Der Raum ist die allgemeine Form unserer Anschauung von den Körpern. Es ist in unserem Geist eine ererbte Notwendigkeit, die Sinneseindrücke räumlich anzuordnen. Man braucht aber diese Notwendigkeit nicht, mit Kant, als ein für allemal im Menschen gegeben zu nehmen, vielmehr ist es angemessener, sie als eine Eigenschaft zu denken, die ebenso wie andere entwickelt ist. Diese Entwicklung kann nur in Wechselwirkung mit der Außenwelt vorgegangen sein, so daß wir also durchaus nicht gezwungen sind, anzunehmen, es stehe einem inneren Sinn die ganze ungeordnete Außenwelt gegenüber, in die diese Anschauungsform erst räumliche Anordnung bringe.

---

[1]) [vgl. auch Fr. Rückert in dem Gedichte Barbarossa:
„Und je nach langem Raume
Er einem Knaben winkt."]

Man könnte meinen, in der sprachlichen Ausbildung des Wortes Raum liege der Beweis der Möglichkeit, sich den Raum leer vorzustellen. Das ist nur eine von den Flüchtigkeiten oder eines von den Auskunftsmitteln, die in der Sprachbildung so häufig sind. Es trifft nicht zu, daß der Mensch, der unberührt von philosophischen Ideen denkt, sich unter dem Raum ein leeres Gefäß vorstellt, in dem alle Dinge der Welt Platz haben, denn zu einem Gefäß gehört die Umfassung, gehören die Grenzen, die niemand hinwegdenken kann.

Freilich kommt die Idee des leeren Raumes der Neigung entgegen, sich den Raum als Etwas vorzustellen, das außerhalb der Dinge ist. Allein, daß der Raum sich nicht von den Dingen trennen, sich nicht isolieren läßt, dessen ist man schon früh inne geworden; und die Ansicht von einem leeren Raum, die die Atomistiker entwickelten, hat niemals fest einwurzeln können [der leere Raum bleibt eine mathematische Abstraktion].

Von allen anderen Eigenschaften der Dinge unterscheidet sich der Raum dadurch, daß er allgemein ist. Und wenn man sagt: der Raum ist sinnlich wahrnehmbar, so gilt das auch nicht in demselben Sinne, wie von anderen Eigenschaften. Wir nehmen den Raum nie in Abstufungen der Qualität wahr, wie wir Farben hell und dunkel, Töne hoch und tief usw. wahrnehmen, auch sehen wir ihn nicht getrennt von den Gegenständen, an denen wir ihn wahrnehmen. Wir können uns, wie oben bemerkt, keinen leeren Raum vorstellen oder nicht vom Inhalt abstrahieren. Denn wenn wir den Versuch machen, uns einen Raum vorzustellen, in dem keine Gegenstände sind, so haben wir die Gegenstände zuerst herausgetan. Es ist also besser, das Wort Eigenschaft nicht auf den Raum anzuwenden. Kant hat den Raum als die Form aller unserer Empfindungen bezeichnet, die sich auf äußere Dinge beziehen. Ebendaher die Einzigkeit des Raumes.

Wir fassen ferner den Raum ebensowenig als Begriff auf wie die Zeit, denn alle Räume haben, insoweit sie Raum sind, die gleiche Eigenschaft. Es faßt also nicht das Wort Raum verschiedene Gattungen oder Arten von Raum zusammen. Raum ist immer dasselbe, seine Verschiedenheiten liegen nur in den Dingen, die in ihm sind. Nur die Gegenstände im Raum unterscheiden sich, nicht die Räume selbst. Ein Raum ist an sich wie der andere. Daher ist uns auch mit der Erkenntnis des Raumes an irgend einer Stelle die Erkenntnis des ganzen Raumes gegeben.

So wie man von objektiver Zeit spricht, kann man auch vom objektiven Raum sprechen. Man kann darunter jene objektiven Bedingungen verstehen, unter deren Einfluß der Raum als subjektive Anschauungsform in uns entsteht. Der objektive Raum ist ein Unbekanntes, dem wir nur näherkommen können, indem wir die ausschließlich subjektiven Elemente in unseren Wahrnehmungen (z. B. die subjektive Schätzung der Entfernungen) ausscheiden. Er wird aber immer nur der abstrakte Begriff zu dem Bilde sein, das wir in der Anschauung haben.

Die Unendlichkeit des Raumes liegt darin, daß wir uns keine raumlose Welt denken können. Wie weit wir denken mögen, überall denken wir räumlich. Ich finde zwar nicht, wie manche Philosophen meinen, in den endlichen Räumen, eine Aufforderung über sie hinauszugehen und immer von neuem Räume vorauszusetzen, vielmehr kann die Raumvorstellung sich vollständig bei einem gegebenen Raume beruhigen und sich in ihm abgrenzen. Aber weil der Raum eine Anschauungsform ist, können wir (solange wir anschauen oder uns anschauend denken) nie an seine Grenze kommen, geschweige denn darüber hinaus. Und ebenso ist es mit der Zeit. So ist also die Unendlichkeit eine notwendige Eigenschaft unserer Zeit- und Raumvorstellung. Alle unsere Begriffe, auch die um-

fassendsten, sind endlich; daß Zeit und Raum keine Begriffe sind, folgt aber auch daraus, daß sie unendlich sind. Sie sind notwendige Anschauungsformen, die uns nie verlassen.

Zeit und Raum haben das gemein, daß wir aus ihren kleinsten Abschnitten das Ganze erkennen. So kurz die Zeit sein mag, die wir überschauen, so engräumig unsere Erfahrung, wir kennen alle Zeit und jeden Raum. Entdeckungen können nichts hinzufügen. Sie können uns mit neuen Zeitabschnitten oder mit neuen Teilen des Weltraumes bekannt machen, so wie die Geologie, die Geographie, die Astronomie Erd-, Welt- und Zeiträume entdeckt haben, die vorher niemand gekannt hatte. Aber diese alle sind nur durch ihren Inhalt neu gewesen: der Zeit und dem Raum ist dadurch nichts Neues zugefügt worden. Im Wesen der Zeit und des Raumes als Anschauungsformen ist es gegeben, daß sie allgemeingültig sind, daß sie überall so sind, wie wir sie an einer Stelle kennen lernten.

2. Kapitel.

Entwicklung der Vorstellungen von der Größe der Erde und der Welt.

Das Leben in engem Raume ist immer auch ein Leben in enger Zeit, je enger der räumliche Horizont, desto beschränkter ist auch der zeitliche. Engräumige Völker haben eine kurze Geschichte, und die Welt der Eintagsfliege ist nur ein paar Quadratmeter groß.

Das 16. Jahrhundert hat in zwei Richtungen den Sehraum der Menschen sich so erweitern sehen, daß das Überdenken der gewonnenen Ausblicke weit hinter dem zurückblieb, was man wirklich wahrnahm. Noch an der Schwelle desselben schrieb Columbus an die Königin Isabella von Spanien: „El mundo es poco, digo que el mundo no es tan grande como dice el vulgo“ (Die Welt

ist klein; ich behaupte, daß sie nicht so groß ist, wie das Volk meint). Gegen die Mitte des Jahrhunderts starb Copernicus, dem der erste Druck seines Werkes De revolutionibus orbium coelestium im Mai 1543 noch an das Totenbett gebracht wurde. Copernicus hatte seit 1507, seit seinem 30. Jahre an der Begründung der Lehre gearbeitet, daß die Erde nicht in der Mitte der Welt stehe, daß nicht das Weltall sich um die Erde drehe, sondern daß die Erde die Drehung vieler anderer Himmelskörper um die Sonne mitmache. Copernicus konnte die Tragweite seiner Entdeckung in die Worte fassen: Das Weltall ist groß. Und daraus folgte nun dasselbe, was Columbus durch Beobachtung der Erde gefunden hatte: Die Erde ist klein. Das Weltall erweiterte sich, die Erde verkleinerte sich. Auch von der Perspektive des Raumes gilt es, daß unser geistiges Auge daran gewöhnt wird. Die kleinen alltäglichen Maßstäbe müssen aufgegeben, die großen Entfernungen und die langen Zeiten müssen verwirklicht, d. h. für unseren Blick von der Erde in die Welt nutzbar gemacht werden, wenn sie nicht öde Unendlichkeiten bleiben sollen.

Es gibt auch auf der Erde Bilder, die unseren Blick ins Unendliche hinausziehen. Ein duftiger Horizont, unter den die Erdwölbung taucht, ein Meer, das nach allen Seiten in gleicher Form und Farbe hinauszieht und mit einem Himmel verschwimmt, der ebenso grau ist wie das Meer, das grenzlos in die Weite sich dehnende Tiefland, in dem das Silberband eines Stromes unmittelbar in den Himmel überzugehen scheint: das sind Bilder, die man kosmisch nennen mag. Sie verdeutlichen uns den räumlichen Zusammenhang der Erde mit dem Weltall, weil keine von ihren Eigenschaften uns veranlaßt eine Grenze zwischen beiden zu ziehen. Je einfacher eine Landschaft ist, desto näher kommt ihr Eindruck dem des Himmelsgewölbes.

Die Einfachheit der Vorgänge in der Sternenwelt, die unser Gemüt zur Erhabenheit stimmt, liegt in unserer Ent-

fernung vom Schauplatz, die nur die Gesichtseindrücke zu uns gelangen läßt, wie von einem Gewitter, das so weit entfernt ist, daß wir nur das Wetterleuchten der Blitze, aber weder den Donner, noch den Hagel, noch sonst etwas vernehmen. Ein prasselndes Flammenmeer mit unerhörten Geräuschen wird in dieser ungeheueren Perspektive zu einem ruhigen Leuchten, in dem wir geradezu den Ausdruck des himmlischen Friedens sehen wollen. Nichts anderes ist das stille Licht des Glühwürmchens, das aus verwickelten, in ihrem engen Bereich stürmischen Lebensvorgängen heraus uns anleuchtet. Hier ist es die Kleinheit und Schnelligkeit der Vorgänge, so wie dort die Größe und Dauer, die uns unbegreiflich sind.

Das paläontologische Tatsachenmaterial hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem astronomischen, weil es uns auch nur die großen Züge der Geschichte der Organismen zeigt, gleichsam die Profile und Grundlinien, so wie wir von den Sternen nur das Licht und die Farbe, von dem Nebelflecke nur die Umrisse sehen. Es ist etwas wie ein Fernblick, und in solchem erscheint uns ja auch die Vorgeschichte des Menschen mit ihren großen aufeinanderfolgenden Kulturperioden, von deren Trägern wir uns im einzelnen nur ganz schwache Vorstellungen machen können.

Die Verkleinerung räumlicher Größen durch zeitliche Entfernung kann oft allein die Formen in ein Licht setzen, das ihr Wesen plötzlich viel klarer erkennen läßt. Von einem hochgelegenen Punkte im Gebirge um mich blickend, sehe ich eine Menge barkenförmiger Einsenkungen, deren Breite oft ihrer Länge gleichkommt. Sehe ich diese Szenerie durch die Reihe der Jahrtausende an, die sich zwischen sie und mich stellen, sobald ich sie erdgeschichtlich auffasse, so gewinnt ihre Länge und Tiefe das Übergewicht, sie werden die Rinnen, in denen das jetzt das Gebirge ununterbrochen umspülende Wasser seine Wege von den Höhen nach dem Fuße des Gebirges sucht, kleinste Teile

des Gebirges hinabtragend, dessen ganzes Niveau in die Tiefe verschiebend, bis es unten angelangt, bis das Gebirge verschwunden ist. Die Zeit gibt mir die richtige, die kosmische Perspektive, durch die ich die Stellung dieser Bildungen in der Geschichte der Erde, ihre Funktion erkenne, und so führt mich die Zeit auf das Wesentliche auch in der Form. Es gibt eine praktische Grenze der Vorstellbarkeit gewaltiger Größe des Raumes und der Zeit, wo man immer weitere Räume und längere Zeiten nennen kann, ohne eine Steigerung unserer entsprechenden Vorstellungen zu bewirken. Sie liegen dort, wo Maßstäbe aus unserem Erfahrungskreise nicht mehr angelegt werden können. Für die weiten Räume im Weltall müssen dazu Mond- und Sonnenweiten dienen. Aber schon die Meilen einer Sonnenweite liegen so weit jenseits unserer Erfahrung, daß sie eine wesentlich abstrakte Größe bleibt. Wir können sie wohl in Mondweiten teilen und diese wieder in Erddurchmesser, aber es bleibt etwas Ungreifbares daran haften.

Darin liegt die große Bedeutung der kosmischen Entfernungen für die Geographie, daß sie uns jener tellurischen Enge für immer entrücken. Deswegen ist für uns die ganze Entwicklung der Entfernungsbestimmungen im Weltraum von so großem Interesse, als ob es sich um eine geographische Sache handle. Von der ersten Bestimmung einer tellurischen Entfernung durch die Messung einer Basis und der beiden ihr anliegenden Winkel, woraus sich der Winkel (Parallelaxe) ergibt, dessen Scheitel in dem gesuchten Punkte liegt, führt der Weg geradehin auf das Problem der Bestimmungen außerirdischer Entfernungen. Den Mond kann man noch nach derselben Methode bestimmen wie einen irdischen Ort, nur muß man die Basis richtig wählen. Die erste Messung gelang 1756 Lalande in Berlin und Lacaille am Kap der guten Hoffnung, also mit einer möglichst großen Basis. Etwas weiter hinaus führt uns die

1677 von Halley zuerst ausgesprochene Verwendung der Vorübergänge der Venus vor der Sonne, die, von verschiedenen Stellen der Erde aus beobachtet, auf die Entfernung der Sonne führen. In diesem Abstande der Sonne von der Erde, in dieser Erdweite war nun aber eine noch viel größere Basis gegeben: der Durchmesser der Erdbahn, mit dem man nun in die Fixsternwelt hineinmessen konnte. Herschel ging von der Lichtstärke aus. Die Voraussetzung, daß alle Helligkeitsunterschiede auf Unterschieden der Entfernung beruhten, führt ihn von Schätzung zu Schätzung, bis hinaus an die Grenze des Sehens mit dem am schärfsten bewaffneten Auge. Mit Meilen und selbst mit Sonnenweiten ist hier nicht mehr auszukommen, man kann nur noch Entfernungen in vorstellbare Zahlen fassen, wenn man den Weg bestimmt, den das Licht in einem Jahre durchläuft. Diesen nennt man dann ein Lichtjahr. Herschel hat in der Betrachtung der jenseits unseres Sternensystems gelegenen Nebelflecken von Millionen von Lichtjahren gesprochen. Man versuche nachzudenken: Das Licht durcheilt einen Weg von 40000 Meilen in einer Sekunde, in einem Lichtjahr also mehr als eine Billion Meilen. Eine Million Lichtjahre übersteigt schon eine Trillion Meilen. Es ist freilich geltend gemacht worden. das Licht werde bei so ungeheueren Entfernungen von zahllosen dunkeln Körpern im Weltraume absorbiert, es gelange gar nicht so weit. Aber Secchi hat darauf geantwortet, diese dunkeln Körper wirkten nur wie der Staub in unserer Atmosphäre, der zwar das Licht schwächen, aber nicht vollständig absorbieren kann. Einerlei, wie es mit dieser äußersten Grenze des Lichtes sich verhalte: es steht fest, daß wir Vorgänge als gegenwärtige sehen, die in Wirklichkeit mehr Jahrtausende hinter uns liegen, als die übliche Zeitrechnung einst für die ganze Weltgeschichte von der Schöpfung an forderte. Und indem die kosmischen Raumgrößen dermaßen unseren Blick in die

Tiefe lenken, gewinnen sie wieder etwas von der Stellung als „Mächte des Kosmos“, in der sie den jonischen Philosophen erschienen.

Der Humboldtsche Satz: „Der Anblick des gestirnten Himmels zeigt uns Verschiedenzeitiges“ bedeutet, daß, was wir in diesem Augenblick sehen, an seinem Ausgangspunkt schon um Jahrtausende hinter uns liegt. Wenn ich die Geschichte der Menschheit betrachte, wollen mir die Anfänge der babylonischen Kultur etwa im sechsten vorchristlichen Jahrtausend ungeheuer entlegen erscheinen. Es ist die größte Zeitspanne, die ich mit den Mitteln der Geschichtsforschung noch ausmessen kann. Was liegt nicht alles dazwischen, wenn ich von der Gegenwart aus zurückschreite. Schon das Jahrhundert seit der französischen Revolution, wie ferne steht es uns, dann die Reformation, das Mittelalter, das Ende des Römerreiches, die große Zeit der Griechen; der trojanische Krieg bezeichnet mir noch nicht die Hälfte der Zeit zwischen heute und einer Zeit, wo in Babylon Steinwaffen üblich waren und wo vielleicht noch nicht aus einem indogermanischen Völkerstamm der germanische Zweig hervorgegangen war, aus dem dann viel später die Zweige der Nord- und Südgermanen, Goten, Friesen usw. entsprossen sind. Damals also ging der Lichtstrahl aus, der heute mein Auge trifft.

Die Ewigkeit der Zeit und die Unendlichkeit des Raumes sind für uns nur als negative Vorstellungen möglich. Es ist in unserem Denken etwas, das sich der Begrenztheit der Zeit und des Raumes entgegensetzt, aber darum gelangten wir doch nicht zur Verwirklichung der Ewigkeit und Unendlichkeit. All unser Denken über zeitliches Geschehen und räumliches Dasein ist nur Stückwerk, kann nicht mehr sein. Unsere Weltgeschichte ist nur ein Kapitel eines großen Buches, das seinerseits ein Band von einem großen Werke ist. Und was wir Weltall nennen, ist gewiß nur ein kleiner Teil der Welt; wir

erlauben uns, es Weltall zu nennen, weil es alles ist, was wir zu erfassen vermögen.

Wir können unser Weltsystem, in den weitesten Grenzen unserer Wahrnehmung gefaßt, nicht begrenzt denken, wenn wir nicht durch einen willkürlichen Entschluß der vervielfältigenden Tendenz unseres Geistes eine Schranke setzen. Allerdings berechtigt uns dazu nichts im Bereiche unserer Erfahrung, wo wir vielmehr hinter jeder Grenze ein neues Gebiet, hinter jedem Horizont ein neues Stück Welt finden. Es kann also nur ein aus unserem Denken selbst hervorgehender Willensakt einmal eine Grenze setzen, die natürlich nur den Wert einer praktischen, vorübergehenden Maßregel hat. So mochte wohl Lord Kelvin den Versuch machen, die Ausdehnung des uns sichtbaren Teiles des Weltalls als eine Kugel vorzustellen, deren Radius so groß ist, daß das Licht 3000 Jahre braucht, um ihn zu durcheilen, also 6000 für den Durchmesser. Die Masse dieser Kugel ist größer als das 1000 Millionenfache der Sonnenmasse. Es ist darin Platz für 1000 Millionen Sonnen, wobei jede einzelne 50 Millionen Kilometer von der anderen entfernt wäre.

3. Kapitel.

Analogien zwischen dem unendlich Großen und dem unendlich Kleinen.

Die Erde zeigt uns eine so starke differenzierende Wirkung des Raumes, daß wir im weiten Weltraum Ähnliches vermuteten. Als wir aber erkannten, daß sogar eine stoffliche Übereinstimmung in diesem weiten Raume herrscht, soweit nur unsere Sinne reichen, erschien uns der Weltraum plötzlich kleiner. Seine Körper ermangeln der Unterschiede, die wir bei großen Entfernungen zu finden erwarten, und es schrumpfen die Sternenweiten zusammen. Wir sagen uns: Es muß jenseits des von uns

übersehenen Teiles des Weltraumes andere Teile geben, wo die Unterschiede erscheinen, die wir bei dem Reichtum der Natur voraussetzen. Vor diesem ferneren Raum erscheint uns unser Weltraum kleiner. Es ist wohl diese Überlegung, die den Nachweisungen der Astrophysik einen erziehenden Einfluß auf unsere Raumvorstellungen gewährt hat.

Kehren wir nun von solchen Vorstellungen zu unserer Erde zurück, dann haben wir zunächst den Eindruck von einem Ertrinken der erdgeschichtlichen Geschehnisse in einem ungeheuren Raum, durch den ein Meer von Zeit in noch weitere Räume hinauswogt. Und wir haben gar nicht die Macht diesem Vorgang Schranken zu setzen. Er muß zurückwirken. Was wir am Himmel sehen, gibt der Erde ihr Gesetz. Denn die Zeit, die wir für die Sterne brauchen, können wir dem Planeten nicht versagen. Auch wenn wir wollten, könnten wir nicht bei den Jahrtausenden und Jahrzehntausenden stehen bleiben, mit denen wir sonst gewohnt waren, die Erdgeschichte zu messen. Zwar ist die Geologie schon lange zu immer größeren Zeitmaßstäben fortgeschritten, und wir begegnen nicht selten der Meinung, daß dieser oder jener Schichtenkomplex Hunderttausende, ja eine Million Jahre gebraucht habe, um sich zu bilden. Man hat sich auch nicht gescheut, größere Zeitperspektiven zu eröffnen, wenn man etwa das Erkalten der Sonne und dessen Folgen für die Planeten erwog. Aber das nahm in der Regel mehr phantastische Gestalt an. Im ganzen sind die Geologie und die Geographie noch weit davon entfernt, mit diesen Zeiträumen so unbefangen umzugehen wie die Astronomie. Ihr Blick ist noch immer etwas getrübt und gekürzt durch die Einflüsse der alten Katastrophenlehre, die durch unerhörte Kräfte die Erdumwälzungen in den kürzesten Zeiträumen sich vollziehen und einander folgen ließ. Ist es nicht eine merkwürdige Erscheinung in der Geschichte des menschlichen Geistes, daß die

Astronomie über eine solche Fülle von Zeit verfügte, wo Geographie und Geologie noch mit einer Furcht vor großen Zeiträumen, einem wahren Zeitgeiz rangen? Sei uns also die Zeit ein unerschöpfliches Reservoir, aus dem wir Jahresreihen in jeder Größe schöpfen. Wir können irgend einen Prozeß durch Verbindung mit denselben vervielfältigen, können in einzelnen Fällen seine Wirkung sich vertiefen, in andern sich verbreitern lassen. Der letztere Fall ist geographisch der wichtigste, weil er einer Wirkung über große Teile der Erde, ja über die ganze Erde hin zu wandern erlaubt und örtlich begrenzten Vorgängen eine Tragweite, den Ausdruck wörtlich genommen, von unerwarteter Größe verleiht. Die Brieftaube vermöchte den Erdball in 9 Tagen zu umfliegen, die Wegschnecke brauchte 600 Jahre dazu. Das sind noch zählbare Zeiträume. Wie lange mag aber ein Küstensaum gebraucht haben, um zu seiner Linie, wo sie heute zwischen Land und Meer liegt, den Weg zu machen von der andern Linie weit draußen im Meer, wo seine einstige Lage durch Klippenreihen bezeichnet wird? Die Jahrmillionen für dieses Geschehen sind gegeben; es kommt nur darauf an, daß ich es mir als ein zeitlich verlaufendes, lückenlos fortschreitendes vorzustellen weiß, wie der Vogelflug. Dazu ist im Grunde weiter nichts nötig als im Geiste zu summieren, was allerdings nur gelingt, wenn man vor dem Gegensatz der Kleinheit der alltäglichen Vorgänge und der Größe des Ergebnisses nicht zurückschreckt. Und dieses ist wieder nur möglich, wenn ich die zu Gebot stehende Zeitfülle richtig anwende.

Daß diese selbstverständliche Tatsache nicht schon erkannt worden ist, als Herschel mit Hilfe der Lichtstärken ferner Fixsternwelten die Entfernungen im Weltraume bis an die Grenzen teleskopischen Sehens schätzen lehrte, gehört zu den merkwürdigsten Beispielen des beziehungslosen Nebeneinanderlaufens geistiger Wege. Man fuhr fort, die

Entstehung des Sonnensystems samt der Erde in eine Reihe von Jahrtausenden einzuschließen, die viel kürzer ist als die Zeit, die das Licht eines fernen Sternes braucht, um zu uns zu gelangen. Als ob man die Zeiträume, die man für Sterne nötig hat, einem Planeten versagen könnte! Gerade darum ist aber die Sternkunde eine Vorschule für alle anderen Wissenschaften, weil sie die kosmischen Maßstäbe für Raum und Zeit lehrt, die auch die Maßstäbe für die Geschichte der Erde als Weltkörper abgeben müssen. Da alle Wissenschaften von der Erde und ihrem Leben sich aus zu engen Raum- und Zeitvorstellungen haben herausringen müssen, konnte die Zeitfülle der Sternkunde ihnen gerade das im Überfluß bieten, woran sie alle Mangel hatten: Zeit.

Es liegt in unserer Vorstellung des Universums eine gewisse Ungleichheit, die vermieden werden muß, soweit es eben möglich ist. Man könnte sie auch Einseitigkeit nennen.

Die Unendlichkeit reicht nicht bloß nach oben, sondern auch nach unten über unsere Sinne hinaus. Nur weil nach dem unendlich Kleinen unsere Erfahrung viel kürzer ist als nach dem unendlich Großen, haben wir uns gewöhnt, den Weg zu jenem als viel kürzer anzusehen als zu diesem. Aber das Unendliche kann natürlich nur nach allen Seiten gleich weit hinausliegend gedacht werden. Da nun ohne Zweifel an dieser Einseitigkeit die Entwicklung unseres Wissens von der Welt ihren Anteil hat, das viel früher ins Große, besonders in den Himmelsraum vorgedrungen ist, als ins Kleine, so können wir eine Ausgleichung von der Fortentwicklung unseres Wissens vom Kleinsten und Nächsten erwarten. Die Wissenschaften, die sich mit der embryonalen Entwicklung, mit den Elementen des Lebens, besonders den Zellen, mit dem Mechanismus des Denkens, z. B. der Erinnerung beschäftigen, werden in dieser Richtung vorarbeiten.

Wir müssen unser geistiges Auge von den tellurischen und kosmischen Raummaßstäben befreien, um die Bewegungen im kleinsten Raume sich ebenso frei und groß [schnell?] vollziehen zu sehen wie im größten. Auch hier handelt es sich um die Gewinnung der richtigen Perspektive. Wir müssen annehmen, daß diese scheinbar so überreiche Schöpfung, die um uns lebt, nur ein Tröpfchen von einem weiten, tiefen, tiefen Meere ist, und daß in diesem Tröpfchen dieselben Bewegungen vor sich gehen, wie im Meere selbst. Und blicken wir dann aus der kleinen Welt in die große hinaus, so leitet uns die Betrachtung der formenreichen Welt der Nebelflecken wieder auf die Analogie mit organischen Gestalten. Wenn man die kosmische Materie sich ausbreiten, zusammenziehen, teilen, knospen sieht und aus diesen Formen Entwicklung und Rückbildung wie im Leben der Pflanzen erschließt, so liegt das Vergleichbare in dem raschen Ablauf der Veränderungen, die eine im Verhältnis zur Masse gewaltige Kraft hervorbringt. Das Leben einer Zelle kann in ungemein verschiedenen Räumen sich abspielen. Denn es gibt Zellen von $^1/_{100}$ mm Durchmesser und einzellige Algen, die Meterlänge erreichen, wie Caulerpa. Das entspricht den Größenunterschieden der Pflanzen- und Tierindividuen.

Aber wenn nach Nägelis Berechnung in dem für unsere Auffassung minimalen Raum von $^1/_{1000}$ Kubikmillimeter 400 Millionen von den „Mizellen“ enthalten sind, Verbänden von Eiweißmolekülen, die die Keimzellen aufbauen, so schwindet mit diesem unvorstellbar kleinen Raum auch die Zeit, in der dieselbe ihre Bewegungen ausführen, auf ein ebenso unvorstellbares Minimum zusammen. Die Zelle erscheint uns als ein Weltsystem, in dem die großen Ereignisse undenkbar rasch aufeinanderfolgen. Wenn man erwägt, daß es ebensoviel verschiedene Keimzellen wie Lebensformen geben muß, und daß selbst nahe verwandte Tier- und Pflanzenarten oder Menschen in hunderttausend

Einzeleigenschaften voneinander abweichen, die sich alle vererben, dann muß man voraussetzen, daß diese Mengen auf scheinbar engem Raum sich nicht minder frei bewegen, verbinden und trennen können müssen, wie die Körper, die im Weltraum schweben.

Unseren Naturforschern sind die großen Räume und die langen Zeiten keineswegs unvertraut; nicht die Unbekanntschaft damit schadet ihrem Denken, sondern der Mangel der organischen Verbindung der großen Zeit- und Raumvorstellungen mit dem übrigen Wissen. Ich lese in einem geistvollen, anregenden Buch: „Was macht es auch gegenüber dem endlosen Raume, ob ich aus dem Fenster in den blühenden Garten hinausblicke oder das Auge auf die Milchstraße hefte mit ihren zahllosen Weltkörpern. Immer umspannt mein Blick einen winzigen Teil dieser Welt.“ Und an einer anderen Stelle nennt es die Zeitdauer der Entstehung des Planetensystems eine Sekunde der Ewigkeit.[1]) Zugleich aber bekennt sich dasselbe Buch in dem Teile, der von der Entwicklung der Erde handelt, zu einem dogmatischen Glauben an die sogenannte Kant-Laplacesche Abkühlungshypothese, hält andere Möglichkeiten der Bildung unserer Erde für ausgeschlossen und bezeichnet diese Hypothese als von den Naturforschern widerspruchslos hingenommen, was eigentlich mit jedem Jahre weniger der Fall ist. Wenn wir nun erwägen, daß gerade so, wie wir auf dem Zifferblatte die Uhrzeiger sich bewegen sehen und aus der Entfernung der Punkte, wo sie jetzt stehen, von denen, wo sie vorhin standen, die Zeit einer Bewegung ablesen, so muß es auch gelingen, geschichtliche Zeitabschnitte aus den Räumen zu ermessen, die eine geschichtliche Bewegung gebraucht hat, um sie zu durchschreiten. Und mit derselben Sicherheit, mit der wir sagen, wenn die Uhr wieder auf 12 Uhr

---

[1]) Reinke, Die Welt als Tat. 1899.

steht: „Die Hälfte eines Tages ist verflossen, nicht etwa ein Viertel oder Drittel", werden wir aus den Resultaten geschichtlicher Bewegungen zurückschließen: sie können nur in Jahrtausenden, nicht in Jahrhunderten geworden sein.

Wenn ein langzeitiger Vorgang sich in solcher Weise vervielfältigt, daß seine verschiedenen Abschnitte gesondert nebeneinanderstehen, wird eine Aneinanderreihung der Abschnitte in ihrer Aufeinanderfolge möglich. Lückenhaft, aber doch überzeugend tritt uns dann der Verlauf des Vorganges vor Augen. Was zeitlich getrennt war, liegt nun im Raume nebeneinander. Eine ungeheuere Mannigfaltigkeit von wissenschaftlichen Aufgaben ergibt sich aus der Häufigkeit solcher Vorkommnisse, wobei es sich in jedem Falle darum handelt, für die räumlich getrennten Erscheinungen die richtige Zeitfolge zu rekonstruieren. Von der Astronomie bis zur Paläontologie und Embryologie kommen dabei übereinstimmende Methoden zur Anwendung. Und es ist nur auf den ersten Blick überraschend, daß selbst die Ergebnisse einander manchmal ähnlich sind. Wen hätte nicht die Übereinstimmung der Formen sich teilender Nebelflecken und sich teilender Protoplasmakugeln überrascht?

4. Kapitel.

Wirkungen des Raumes auf die Organismen.

Ein Paläobotaniker, H. Potonié, hat es klar für sein Gebiet ausgesprochen: Der treibende Grund zur Divergenz der Arten liegt in dem Bestreben, möglich stvielen Individuen Platz zu gewähren.[1]) Er nennt es ein die Lebewesen aus-

[1]) Die von fossilen Planzen gebotenen Daten für die Annahme einer allmählichen Entwicklung vom Einfacheren zum Verwickelteren. Habilitationsvortrag, Berlin 1901.

zeichnendes Bestreben, den vorhandenen Platz in möglichst großer Individuenzahl zu besetzen. Das führt also auf Anpassung an den beschränkten Erdraum zurück. Potonié gibt das Beispiel einer Pappel, deren Platz zwar keine andere Pappel einnehmen kann, in deren Schatten, an deren Fuß aber 20 und mehr andere Pflanzenarten wohnen, unter denen sich wieder mancherlei Tiere herumtreiben. Auf den Blättern und der Rinde dieses Baumes wohnen Moose, Flechten und Pilze und leben Käferlarven und Schmetterlingsraupen, also eine kleine Welt von Lebewesen auf demselben Fleck, wo eine Pappel Platz hat. Eine solche Zusammendrängung ist nur möglich, wenn durch Veränderung und Anpassung Formen entstehen, die auch auf anderen Plätzen oder in anderer Weise auf denselben Plätzen wohnen, wo ihre Vorfahren waren. Der Raum bedeutet für eine Schwalbe weniger als für eine Schnecke, für einen Tiger viel weniger als für einen Maulwurf. Die beweglichsten Tiergruppen sind am weitesten verbreitet und in den Grundlinien ihrer Organisation die einförmigsten. Der Grad von Beweglichkeit und Bewegungskraft, den schon die ältesten Fische erreicht haben, ist in seinem Gebiete wohl höher anzuschlagen als die Höhe der Beweglichkeit, bis zu der die Landsäugetiere vorgedrungen sind. [Neue Arten können nur in großer Entfernung von den alten entstehen, die lange andauert, ohne daß die alten nachrücken.]

Der weite Raum gibt der neuen Lebensform Zeit sich ruhig auszubilden, im engen Raume reiben und stoßen sich die alten und die neuen, die in ihrer alten Gestalt verharrenden und die zu neuen Bildungen aufstrebenden. Was bedeutet es daher für die Erkenntnis des Wesens der organischen Entwicklung, daß in der Ostsee sich keine besondere Flora entwickelt hat, trotzdem seit der Eiszeit (oder besser seit einem späteren Abschnitt der Eiszeit) der Satzgehalt der Ostsee viel geringer ist als der der

Nordsee? Die Algen der Nordsee kommen entweder geradeso auch in der Ostsee vor oder sind in dem süßeren Wasser verkümmert; wo neue Arten sich entwickeln wollten, griff die Mischung mit den vorhandenen ein und verwischte die Merkmale, ehe sie zur Befestigung gelangt waren.

Wenn ich eine Pflanze, ein Tier oder einen ethnographischen Gegenstand über sehr weit entlegene Gebiete der bewohnten Erde verbreitet finde, sind dafür drei Erklärungen möglich: er ist überall, wo er sich befindet, erschaffen, oder er ist von einem Punkte aus nach allen andern hingewandert, oder sein Wohngebiet, das einst zusammenhing, ist durch Verschiebungen im Verhältnis von Wasser und Land oder klimatische Änderungen in verschiedene Teile zerlegt worden. Die Neuschöpfung derselben Art, auch nur in den entferntesten Gebieten, ist nun niemals bewiesen worden, während es allerdings in der Natur der Dinge liegt, daß auch ihre Unmöglichkeit nicht bewiesen werden kann. Darum brauchen wir bei der extremen Anschauung nicht stehen zu bleiben, daß der Träger einer Variation immer nur ein Individuum oder ein Paar sein könne, das im „Schöpfungsmittelpunkt“ steht, von dem aus es sich weiter verbreitet. Im Gegenteil, es spricht viel dafür, daß Variationen in einer großen Anzahl von Individuen einer und derselben Zeit zugleich auftreten, so verbreitet wie die natürlichen Ursachen im Boden, in der Luft, in der Nahrungs- und Lebensweise, denen sie ihr Dasein verdanken. Wird nun eine solche Massenvariation in einem anderen als einem geschlossenen Gebiete von ähnlichen Bedingungen die Macht haben, eine neue Art zu bilden? Es ist zu bezweifeln. Sicher ist aber, daß wenn wir die Hypothese der unabhängigen Entstehung gleicher Formen in entlegenen Gebieten annehmen, das ein zwar sehr bequemes, aber die Forschung lähmendes Mittel ist.

Mit dem Wandern verhält es sich ganz anders, es

geht unter unseren Augen beständig vor sich, jede Waldrodung, ja jedes Gartenbeet zeigt uns, wie Pflanzenkeime, unbekannt woher, anfliegen und aufwachsen. Das Wandern der Pflanzen, Tiere und Menschen ist keine zufällige Äußerung, vielmehr eine notwendige Folge des Lebens, das ja selbst in Bewegung besteht. Die sogen. Kosmopoliten, die in allen Reichen der Lebewesen vorkommen und zum Teil erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit sich über die Erde verbreitet haben, zeigen, wie weit diese Bewegung führen kann. Engler nimmt an, daß arktische Pflanzen Nordasiens von Skandinavien über Grönland und Nordamerika und nicht direkt von Skandinavien nach Nordasien eingewandert seien. Die Entfernungen sind also gleichgültig. Wenn man an der Hand der Englerschen Angaben die Verwandtschaftslinien der afrikanischen Gebirgsfloren zu ziehen sucht, so erhält man Verbindungen in allen Richtungen und erkennt, daß in allen Wanderungen stattgefunden haben, von denen wir nur den kleinsten Teil, d. h. nur jene kennen, welche auf Gebirge trafen und dort Wurzel schlugen. Doch andererseits gibt es auch Hindernisse. Solche Hindernisse liegen nicht bloß in der Gestalt und Verteilung der Länder und Inseln, und in dem Klima, sondern sind auch in unerklärlichem Instinkt der Tiere begründet, die an Schranken Halt machen, deren Überschreitung ihnen durchaus nicht schwer fallen könnte.[1]) Was nun den Menschen betrifft, so müssen wir uns eine Vergangenheit denken, in der es keine kontinuierliche Verbreitung der Menschen in irgend einem Lande der Erde gab, sondern nur kleine Gruppen, von weiten leeren Räumen rings umgeben, und durch diese leeren Räume von ähnlichen weit davon lebenden Gruppen getrennt. Nur in der Einsamkeit

---

[1]) [Ein bekanntes Beispiel der beschränkten Verbreitung einer Gattung ist die Abwesenheit der Batrachier auf den Inseln Polynesiens. Vgl. Ch. Darwin, Die Entstehung der Arten, übersetzt von Carus, Stuttgart 1884, S. 465.]

fühlte sich jedes einzelne Völkchen sicher; brachte der Zufall eine Annäherung an ein anderes, so zogen sich beide voneinander zurück, abgestoßen durch jene Furcht vor ihresgleichen, die sich in den Grenzwildnissen noch in den geschichtlichen Zeiten zu isolieren suchte.

Unschwer erkennt man, daß es sich hier um Raumtatsachen handelt, die wir uns auf einer Weltkarte folgendermaßen vorstellen können:

Der dem Menschen zugängliche Erdraum wird durch Ausbreitung nach allen Seiten abgegrenzt, d. h. die Ökumene verwirklicht. Die Allbesetzung ist ein neuer, in der Geschichte früher nicht dagewesener Zustand. Dami, entstehen aus einem beschränkten Verbreitungsgebiet das einsam auf der Erde liegt, oder aus einigen, die weit auseinander liegen, eine größere Anzahl sich berührender oder benachbarter, die zusammen ein Ganzes bilden, das zonenförmig um den Erdball zieht. Innerhalb dieses Raumes verdichten sich die Menschen, d. h. sie rücken ebenso näher zusammen, wie vorher ihre einzelnen Gebiete einander nähergerückt sind. Es nehmen also die Entfernungen zwischen ihnen ab, es schwinden immer mehr die Räume zusammen, wo keine Menschen wohnen. Damit wachsen notwendig die Berührungen und Wechselwirkungen, der Wettstreit und die Entwicklung. Endlich kommt aber dann noch als ein großes Ergebnis dieser Entwicklung die Beschleunigung der Bewegungen durch den Verkehr in allen Wegen und Formen dazu. So kann man denn kühnlich behaupten, daß die Beschleunigung der inneren Bewegung das für uns sichtbarste und mit den größten Folgen ausgestattete Ergebnis der Geschichte der Menschheit sei.

Um für eine anthropogeographische Gleichung die richtige Methode in den Vordersatz bringen zu können, genügt es freilich nicht, daß man ein Volk zählt, einen Wanderweg mißt und bestimmt, wie lange das Volk brauchte, um den Weg zurückzulegen. Eine Gleichung ist ein Ver-

gleich, und vergleichen kann man nur annähernd ähnliche Größen. Ich kann sagen: Nach Livingstones u. a. Zeugnis genügten den Basuto wenige Jahre, um ein Reich von mindestens 5000 Quadratmeilen in einer Entfernung von mehr als 200 geographischen Meilen von ihrer Heimat zu gründen, und darf daraus schließen, daß die ihnen ähnlichen Zulu in gleicher Zeit einen gleichen Raum sich unterwerfen konnten und sogar noch weiter, daß die Zeit, welche nötig war, um den Bantustamm über ein Drittel von Afrika sich ausbreiten zu lassen, einige Jahrhunderte nicht zu übersteigen braucht. Aber jene Zahl kann nur für diese Völker und diese Erdräume Geltung gewinnen. Andere Umstände fordern andere Maße. Schon in Afrika sehen wir im ostäquatorialen Hochlande die Galla in wenigen Jahrzehnten sich um Breitengrade verschieben, während im westlichen äquatorialen Tieflande am Benuë die Fulbe seit derselben Zeit wesentlich stationär geblieben sind. Zu Brenners Zeit war als die Grenze zwischen Somali und Galla im allgemeinen der unter dem Äquator mündende Djub anzunehmen. Aber bis 1877 hatten unter entsetzlichen Blutbädern die Somali die Galla nach Süden und Nordosten gedrängt, so daß die Südgrenze der Somali bei 1° s. Br. lag und eine unbewohnte Wildnis zwischen 1° s. Br. und 3—4 n. Br. die Nord- und Südgalla trennte.

So wie wir im allgemeinen Raum und Zeit aneinander messen, so haben auch die politischen Raumerscheinungen ihr Verhältnis zur Zeit. Politische Aktionen, die große Räume umfassen oder überziehen, brauchen natürlich mehr Zeit als solche auf engen Räumen, in denen die Zeit zuletzt aufhört, eine Rolle in den politischen Prozessen zu spielen, die daher unvermittelt, ungeschwächt aufeinander stoßen. In den Zeitopfern, die er verlangt, hat vor allem die militärische Bedeutung des weiten Raumes seinen Grund. Wenn daher auch der Krieg gezwungen ist, weite Räume zu umfassen, muß er sie doch sofort verengern. Kriegführen ist ein

gewaltsames Verengern des Raumes, in dem die Überlegenheit den Punkt des Aufeinandertreffens der Gegner bestimmt. Nicht in Sizilien und Spanien, sondern in Italien und Libyen sind die punischen Kriege entschieden worden.

Die Größe der Räume, über die in Außereuropa politisch verfügt wird, verringert überhaupt nicht ihren Wert als politischer Faktoren. Es mag zunächst paradox klingen, ist aber doch unzweifelhaft wahr, daß in den außereuropäischen Ländern die Raumverhältnisse eine noch größere Rolle spielen als in Europa. Bei uns stehen die Staaten so gedrängt nebeneinander, sind großenteils seit so langer Zeit von ziemlich dauerhaften Grenzen umschlossen und so in sich befestigt, daß der Raum längst als etwas Gegebenes, mindestens nicht leicht Veränderliches, nicht mehr ausschlaggebend für das Maß des politischen Einflusses ist. Der im europäischen Sinne mächtigste der europäischen Staaten wird in Europa die Führung haben, also z. B. nicht der räumlich größte, sondern der im friedlichen und kriegerischen Sinne stärkste, dessen Bevölkerung am tätigsten, am patriotischsten, dessen Führer am pflichttreuesten, am klügsten, am entschlossensten sind. In Außereuropa kann dieses alles mit so großem Gewicht noch nicht in die Wagschale fallen, dort entscheidet am meisten immer noch der Raum neben der Volkszahl. Der wirtschaftliche Einfluß des Raumes erhöht noch diese Bedeutung.

V. Kapitel.

Die räumlichen Gesetze der Geschichte.

Wenn es allgemeine Gesetze der Entwicklung des Lebens gibt, müssen sie auch für die Geschichte der Völker und Staaten gelten. Es kommt vor allem darauf an, die Gesetze des äußeren Verlaufes der Geschichte von denen der inneren Entwicklung getrennt zu halten. Und

da dieser äußere Verlauf sich auf dem Erdboden vollzieht, treten wir dabei mit der Geographie in Verbindung. Damit fallen Aufgaben, die sonst in der Geschichtsphilosophie behandelt wurden, in den Bereich der Geographie, wobei selbst Fragen, die sonst nur mit einer gewissen Willkür beantwortet wurden, wie die nach dem Wesen des geschichtlichen Fortschritts, eine Seite darbieten, wo man sie wissenschaftlich fassen kann: Gesetze der mit der Kultur wachsenden Räume, Volkszahlen und Volksdichten können zahlenmäßig ausgesprochen werden. Nur daß daneben ein unbestimmbarer Fortschritt besteht, der den inneren Entwicklungstrieben angehört und sich mit äußeren Wirkungen z. B. im Wachstum der Völker innig verbindet, hat die falsche Ansicht erzeugt, daß es überhaupt keine Fortschrittsgesetze gebe. Auf demselben Wege ist auch das Vorurteil entstanden, daß es für die Biologie keine Lebensgesetze gebe.[1]) Pflanzen, Tiere, Völker haben die Beziehung zum Boden der Erde gemein, und die Wissenschaften, die sich mit ihnen beschäftigen, haben daher alle einen geographischen Abschnitt, der als Biogeographie viel umfassender gedacht werden kann, als die gewöhnliche Fassung der Pflanzen- und Tiergeographie voraussehen läßt. Allen Bewegungen des Lebens gegenüber ist die Erde ruhend, diese Bewegungen gehen über sie hin wie die Zeiger über das Zifferblatt, und wie dieses erlaubt der Boden der Erde die Bewegungen zu messen und daraus äußere Gesetze abzuleiten. In dem Meinungsaustausch über die Möglichkeit, Gesetze in der Völkergeschichte nachzuweisen, ist merkwürdigerweise gerade auf diesen Weg nie hingewiesen worden, der offenbar allein zum Ziele führen kann. Man hat das Gesetzliche in den Richtungen ge-

[1]) Drastisch formuliert von Miall: Wenn ein Biologe in seiner Darstellung der Vorgänge der lebenden Natur das Wörtchen „muß" einführt, so erwarte ich, daß sein Denken nächstens in Schwierigkeiten geraten wird. Report British Association 1897. S. 682.

schichtlicher Prozesse, z. B. in der Spirale gesucht, was natürlich nur zu Einbildungen führte. |Was dieses Bild ausdrücken soll, sagt viel deutlicher die einfache Beschreibung der Tatsache, daß in der durch die geschichtlichen Entwicklungen verbundenen Kette der Generationen auf höheren Stufen Erscheinungen wiederkehren, die auf niederen schon dagewesen waren.

Ich möchte nun an drei Beispielen die drei wichtigsten Arten von geschichtlichen Gesetzen zeigen, welche die Bewegungen des Lebens auf der Erde bestimmen. Das sind Gesetze des Raumes, die wir aus dem Vergleich der Lebensräume erschließen, Gesetze der Lage, nach denen die Wirkungen der geographischen Lage, sei es von Lebensgebieten zur Erde oder von Lebensgebieten neben- und zueinander sich vollziehen, und allgemeine Bewegungsgesetze, die die Lebensbewegung (oder geschichtliche Bewegung) bestimmt durch den Boden zeigen.

Das einfachste und größte Gesetz der Völker- und Staatengeschichte, das Gesetz der wachsenden Räume, liegt in den Spuren und Grenzen alter und neuer Völker, Staaten und Städte aufgezeichnet auf der Erde. Die geographische Analogie mit großen Strömen, die aus dunkeln Quellen und kleinen Bächen entstehen, bedeutet mehr als einen verdeutlichenden Vergleich. Die Reihe der alten und der neuen Völker, die alten Kleinstaaten und die modernen Großstaaten Europas, die kleinen Staaten der Indianer oder Neger, umfaßt oder aufgesogen von den Großstaaten der Kulturvölker auf demselben Boden, liefern Hunderte von meßbaren Beispielen, die noch vervollständigt werden durch das Wachstum der geschichtlichen Horizonte und der Verkehrsgebiete. Dies ist aber nur eines von den Raumgesetzen des Lebens. Die Arten und Abarten der Pflanzen und Tiere, die in der Weite des Raumes, den sie erfüllen, einen Schutz finden, den anderen die isolierte Lage gewährt, die Unmöglichkeit, den Ursprung einer großen

Völkerfamilie anders als in weiten Räumen sich vollziehen zu sehen, wo sie zugleich angestammte Eigentümlichkeiten bewahren und erworbene Besonderheiten ausbilden konnte, die Zurückdrängung in beschränkte Räume als Anfang des Erlöschens, diese und andere Tatsachen weisen auf andere Gesetze hin, die der Raum dem Leben vorschreibt. Wie eng man auch die Schranken für die Wirksamkeit von Gesetzen der Geschichte ziehen mag, man muß anerkennen, daß es ein Raumgesetz gibt, das uns verbietet, die Herausbildung einer lebensfähigen neuen Art oder eines eigenartigen Volkes in einem engen Raume für möglich zu halten. Eine ganze Reihe von Hypothesen über den Ursprung der weißen Rasse oder der Indogermanen wäre eigentlich aus diesem Grunde von vornherein abzuweisen gewesen.[1])

Das wichtigste aller Lagegesetze des Lebens ist das zuerst 1868 von Moritz Wagner aufgestellte, dann von ihm und anderen abgeänderte Migrationsgesetz, dem man wohl besser den Namen Gesetz der räumlichen Sonderung beilegen würde. Dieses Gesetz enthält nicht bloß eine große Wahrheit, sondern ist auch als die erste auf ganz sachliche Gründe gestützte Durchbrechung des angeblich schrankenlos herrschenden Gesetzes der natürlichen Auswahl von großer wissenschaftsgeschichtlicher Bedeutung. Das Auftreten stellvertretender Arten in benachbarten Gebieten gehört zu den Dingen, die schon den jungen Darwin auf der Reise des „Beagle“ auf das lebhafteste beschäftigten, und vielleicht hat gerade dieses den ersten Keim zu seinem schon 1837 weit fortgeschrittenen Denken über

---

[1]) vgl. darüber meine Abhandlung: Der Lebensraum, eine biogeographische Studie in den Festgaben für Albert Schäffle, Tübingen 1901, S. 171 u. f. und ausführlicher in: Der Ursprung und die Wanderungen der Völker, geographisch betrachtet II. in den Berichten der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften, phil.-hist. Klasse. 52. Bd.

den Ursprung der Arten gelegt. Er selbst nennt es in seiner kurzen Autobiographie[1]) zusammen mit der Verwandtschaft der südamerikanischen Riesenedentaten und der Fauna der Galapagosinseln mit den Tieren des heutigen Südamerika. Aber als das Studium des Malthusschen Werkes über die Bevölkerung Darwin den Gedanken der natürlichen Auswahl im Kampf ums Dasein eingab, traten bei Darwin diese biogeographischen Beobachtungen mehr zurück. Im Gegensatz dazu sah zuerst Moritz Wagner in der räumlichen Sonderung der Abart von der Stammart — Migration und Separation — die unumgängliche Bedingung der Herausbildung neuer Arten. Veränderte Lebensbedingungen und geographische Isolierung waren ihm unentbehrlich für die Wirkung der natürlichen Auswahl; als er aber diesen Gedanken weiter verfolgte, schien er ihm die natürliche Auswahl immer weiter zurückzudrängen.

So wertvoll auch der biogeographische Abschnitt in Darwins „Ursprung der Arten“ sein mag, auf den geographischen Boden hat doch dieses Problem erst Moritz Wagner gestellt. Sein erstes Buch[2]) enthält die erste Morphologie der Lebensgebiete. Der Zusammenhang oder die Aufgelöstheit, die Größe, Gestalt und Begrenzung, die natürliche Bedingtheit und die Abhängigkeit der Lebensgebiete von der Organisation der Lebewesen hat er alle scharfsinnig erkannt und klar beschrieben. Die treffliche Auswahl und der Reichtum der Beispiele, die er bietet, sind auch von denen erkannt worden, die seinem Grundgedanken nicht so große Bedeutung beimaßen, daß sie darüber die natürliche Auswahl auf die Seite setzten. Indem Moritz Wagner die mit der Wanderung verbundene Änderung der Lebensbedingungen hervorhob, die in

[1]) The Life and Letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter, London 1887, I S. 83.

[2]) Die Darwinsche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen.

vielen Fällen eine Verbesserung derselben ist, hat er eine weitere geographische Tatsache von großer Bedeutung eingeführt. Denn die auswandernde, sich absondernde Abart lebt im neuen Wohngebiet frei von dem starken Wettbewerb ihrer Artgenossen, ernährt sich besser, konnte früher oder häufiger zur Fortpflanzung gelangen. Behauptete sich nun die neue Form, so vervielfältigte sie sich, breitete sich aus, und durch die Kreuzung ihrer zahlreichen neuen Vertreter untereinander befestigte sie sich. Für die niederen Lebewesen, in denen die ungeschlechtliche Vermehrung vorwaltet oder allein herrscht, war Wagner geneigt, im Sinne Lamarcks die Artbildung auf den unmittelbaren Einfluß veränderter äußerer Verhältnisse, wie des Klimas oder der Meeresströmungen zurückzuführen.

Darwin selbst hat anerkannt, daß Moritz Wagner die geographischen Wirkungen in der Artbildung schärfer erkannt und dargestellt hat, als es ihm selbst im „Ursprung der Arten" gelungen war. Aber Wagner faßte diese Wirkungen noch zu lamarckisch auf, d. h. er schrieb ihnen eine unbedingte Herrschaft über den Gang der Entwicklung zu. Auch hier also die verhängnisvolle Vermischung der inneren und äußeren Ursachen. Daher die vollberechtigten Einwürfe, die sich gegen die allzu äußerliche Auffassung des Vorganges der Artbildung richteten. Zwar hat Moritz Wagner von Anfang an und noch schärfer in einer späteren Formulierung seiner Theorie die Beschränknng der Migration und Sonderung auf die großen auffälligen Wanderungen und Sonderungen zurückgewiesen. Auch die örtliche Isolierung in den Buchten und verschiedenen Tiefen eines Sees, „überhaupt jede topographische Ursache, welche die periodische Bildung einer getrennten Kolonie begünstigt",[1])

[1]) Über den Einfluß der geographischen Isolierung und Kolonienbildung auf die morphologischen Veränderungen der Organismen. Aus den Sitzungsberichten der K. Baierischen Akademie der Wissenschaften von 1870.

wirkt artbildend. Aber die notwendige Berücksichtigung der inneren Entwicklungstatsachen hat erst Gulick in seinen Studien über die auf engem Boden zu einer fast unerhörten Fülle von Arten und Abarten auseinandergegangenen Achatinelliden der Hawaiischen Inseln durchgeführt. Seine Segregationstheorie, wie er sie überflüssigerweise getauft hat, kann man kurz so zusammenfassen: Was zwei oder mehr erfolgreiche Abartungen in solcher Weise zusammenbringt, daß sie sich miteinander paaren oder verhindert sind, sich mit anderen zu paaren, bringt Divergenz der Entwicklung zustande und häuft sie bis zur Bildung einer neuen Art. Während bei der freien Kreuzung die natürliche Auswahl des Passendsten voll in Tätigkeit kommt, gelingt es bei der Absonderung auch weniger Passendem sich fortzupflanzen, vorausgesetzt, daß es überhaupt lebensfähig ist, weshalb eine Artsonderung nicht ohne weiteres beweist, daß die neue Art einen Vorteil über die alte hat. Die letzte Formulierung der Gulickschen Theorie[1]) läßt das starke geographische Element erkennen, das auch in ihr ist. Ohne Zweifel ist sie darin ein Fortschritt über die Migrationstheorie Moritz Wagners, daß sie den unbekannten inneren Entwicklungsursachen Rechnung trägt, die mit den äußeren, räumlichen zusammenwirken. Sie setzt weder äußere Schranken, noch auch die Besetzung getrennter Wohngebiete voraus, nimmt überhaupt nicht die Verschiedenheit der äußeren Bedingungen als notwendig für die Verschiedenheit der Entwicklung an; wer aber näher zusieht, findet vor allem in dem, was Gulick Environal Segregation nennt, zu übersetzen etwa als „Absonderung aus Motiven der Umgebung“, ein starkes Gewicht geographischer Ursachen. Moritz Wagners Gedanken haben aber noch auf anderen Gebieten fortzeugend gewirkt. Fast gleichzeitig haben auf pflanzengeographischem und tiergeographischem

[1]) Divergent Evolution through Cumulative Segregation im Journal of Zoology of the Linnean Society 1888. S. 189—274.

Gebiet K. v. Wettstein und Arnold Jacobi das in der Migrationstheorie angebahnte Studium der Morphologie der Wohngebiete oder Lebensräume als ein wichtiges Hilfsmittel, jener in der Pflanzensystematik, dieser in der Geschichte der Tierverbreitung aufgenommen, beide unter ausdrücklicher Hervorhebung des Wagnerschen Vorganges.[1]) Ebenso habe ich die Anbahnung der wissenschaftlichen Behandlung der Abhängigkeit des geschichtlichen Lebens von den Raumtatsachen der Erdoberfläche in der „Anthropogeographie" (2. Aufl. 1900) ausdrücklich auf Moritz Wagners Migrationstheorie zurückgeführt.

Der Hinweis auf ein Gesetz der geschichtlichen Bewegungen, das vielleicht bisher noch nicht erkannt war, kann das Wesen der geographischen Gesetze der Geschichte noch von einer dritten Seite her verdeutlichen. Ich wähle es aus der Geographie des menschlichen Verkehrs, der vor anderen Arten der historischen Bewegung ausgezeichnet ist durch die gewollte Bestimmtheit seiner Ausgangspunkte, Zielpunkte und Verbindungslinien[2]) und eben darum ein besonders günstiger Gegenstand raum-

---

[1]) R. v. Wettstein, Grundzüge der geographisch-morphologischen Methode der Pflanzensystematik (1898); Arnold Jacobi, Lage und Form biogeographischer Gebiete, in der Zeitschr. der Ges. der Erdkunde zu Berlin 1900.

[2]) Dieselbe charakterisiert auch die Strategik, deren Gesetze gleichfalls Gesetze geschichtlicher Bewegungen sind. Wie kurzsichtig es von manchen Historikern war, die Möglichkeit geschichtlicher Gesetze überhaupt zu leugnen, wird erst recht klar, wenn man diese Gesetze betrachtet, welche den Zug und die Entladung der Kriegsgewitter bestimmen, mit denen dieselben Historiker sich so eingehend beschäftigen. Der ganze Streit über die Gesetze der Geschichte wäre übrigens zu vermeiden gewesen, wenn die Gegner sich über den Sinn dieses Begriffes klarer gewesen wären und die Gesetze der geschichtlichen Entwicklung von den Gsetzen der geschichtlichen Bewegungen auseinandergehalten nnd außerdem den Unterschied zwischen kausalen und empirischen Gesetzen beherzigt hätten, den am schärfsten Paul Barth in seiner Bedeutung für diese Frage hervorgehoben hat. [In

geographischer Studien ist. Sowie in einem Flußsystem jede Gefällsänderung im unteren Lauf sich aufwärts fortpflanzt, so daß einer Senkung des Rheinspiegels in Holland eine Tieferlegung des Mittelrheins notwendig folgen müßte, so ist es auch im Verkehr. Eine Beschleunigung an irgend einer Stelle in dem großen System der Verkehrswege führt Beschleunigungen auf allen Wegen herbei, die mit der ersteren zusammenhängen. Ist nun der Abschnitt, wo die erste Beschleunigung eintrat, ein besonders wichtiger, dann geschieht diese Fortpflanzung der Bewegung mit einer fortreißenden Energie, die in kurzer Zeit auch die letzten Fasern des Verkehrsnetzes durchpulst. Das größte Beispiel dafür hat in den letzten Jahrzehnten der Suezkanal geliefert; aber auch die Alpenquerbahnen und besonders die über den Mont Cenis und den St. Gotthard haben diese Wirkungen bei uns geübt, in Nordamerika die Pacifikbahnen. Durch solche Vorgänge entsteht in jedem Verkehrssystem und in jedem Zeitalter eine Übereinstimmung im Tempo, die man als Harmonie des Verkehrs bezeichnen mag. Es meint das natürlich nicht die vollständige Gleichheit des Tempos in allen Teilen des Verkehrsnetzes, sondern nur die Übereinstimmung nach Maßgabe der natürlichen Bedingungen und der vorher vorhanden gewesenen Geschwindigkeiten. Wie sich dieses verkehrsgeographische Gesetz dem allgemeinen Fortschritt der Beweglichkeit einreiht, den man uns in der Entwicklung der ganzen Tierwelt zeigt,[1]) soll hier nicht untersucht werden. Aber es bildet ohne Frage nur einen Teil der Gesetze der geschichtlichen Bewegung, für die ebenfalls ein beständiges Fortschreiten zu größerer Bewegungsleistung nachzuweisen ist. Die einzige Arbeit, die den Versuch macht, für die Erkenntnis

der Abhandlung: Fragen der Geschichtswissenschaft I. Darstellende und begriffliche Geschichte, in der Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Philosophie XXIII 1899 (S. 323—359) S. 343—345 und S. 353.]

[1]) Gaudry, Paléontologie philosophique, 1886, zu dem Abschnitt Histoire de la Locomotion.

dieses Fortschrittes die Zahlengrößen aus den geschichtlichen Quellen zusammenzustellen, Wilhelm Götz, Die Verkehrswege im Dienste des Welthandels (1888), begründet zwar noch keine „Wissenschaft der Entfernungen“, bringt aber alles Material für die Begründung des Gesetzes der wachsenden Bewegungsleistung in der Geschichte.

Eine tiefere Betrachtung des Verkehrs führt zur Richtigstellung mancher Begriffe, die in der Wissenschaft jetzt noch gelten. So sollte der Begriff „autochthon“ in dem Sinne, den er jetzt hat, aufgegeben werden. Denn er bedeutet „urwüchsig, gewissermaßen aus dem Boden hervorgewachsen, eingeboren“. In Wahrheit können wir von keinem Volke wissen, wo es geboren ist, und wenn wir z. B. von den Basken als Autochthonen sprechen, so sagen wir damit bloß, daß sie sich selbst so nennen, ohne daß wir behaupten wollen, daß sie auf ihrem Gebiete entstanden seien. Vielmehr gestehen wir bloß, daß wir ihren früheren Wohnsitz nicht kennen.

Wenn man des Völkerverkehrs vergißt, so erhält man häufig eine falsche geschichtliche Perspektive. Die Howa im Osten von Madagaskar sind den Malayen ähnlich, während im Westen eine ganz andere Rasse sitzt, nämlich Neger aus Afrika. Hildebrandt meint nun, daß zwischen Madagaskar und Afrika eine Völkerbrücke bestanden habe, deren Überreste noch jetzt als Vulkane sichtbar seien. Denn mit ihren Fahrzeugen seien die Neger nicht imstande gewesen, nach Madagaskar zu kommen. Aber diese „Völkerbrücke“ liegt sehr weit zurück, während die Neger noch nicht lange in Madagaskar sind. Darum wird eine bessere Erklärung mit richtigerer Perspektive sagen: Es sind immer Sklaven aus Afrika ausgeführt worden, warum nicht auch nach Madagaskar? Es ist dies auch nur eine Hypothese, aber eine den Zeitverhältnissen besser angepaßte.

II. Teil.

Die Zeitforderung in den Entwicklungswissenschaften.

1. Kapitel.

Das Wesen der Zeit.

In jedem Augenblicke „verfließt" Zeit. Das „Fließen der Zeit" zeigt den Eindruck der Bewegung, Veränderung. Sie ist das Verhältnis der Dinge in ihrer Folge. Sie ist nichts Greifbares. Sie stellt sich aber objektiv dar in der Bewegung,[1]) subjektiv ist sie die Wahrnehmung der Bewegung [besser der Veränderung]. Empfindungen folgen aufeinander, darin liegt die subjektive Seite der Zeit.

Ein zeitloses Dasein ist uns undenkbar. Daher „der Schrecken vor der Ewigkeit". Die Zeit ist stetig, sie ist das Band der Erscheinungen, macht aus den Einzelheiten eine Kette. Sie ruht nicht, nur das Einzelbewußtsein ruht. Das Bewußtsein der Dauer des „Ich" verknüpft das Nachher und das Jetzt und das Früher, und das ist die Zeit.[2]) Sie

---

[1]) [Ratzel denkt hier offenbar an die Definition des Aristoteles: „Die Zeit ist die Zahl der Bewegung."]

[2]) [Was Ratzel hier vorschwebt, ist der Unterschied des empirischen und des logischen Elementes in der Zeitanschauung. Die Folge der Ereignisse wird gegeben durch den Wechsel der Empfindungen, sie schafft aber nur den mannigfachen Inhalt der Zeit. — Daß diese außerdem ein sich Gleiches und Unveränderliches darstellt, daß eine Stunde zur Zeit Homers als reine Zeit dasselbe

ist unendlich aus denselben Gründen wie der Raum (s. oben S. 4). Die Unendlichkeit hat keine Grenzen, keine zeitlichen Bestimmungen. Darum erscheint dem Dichter Flemming die Unendlichkeit oder Ewigkeit gleich der Zeitlosigkeit, indem er sagt: „Ach, daß doch jene Zeit, die ohne Zeit ist, käme, und uns aus unserer Zeit in ihre Zeiten nähme!"

Die Zeit ist einsinnig. Es gibt in ihr nur ein Nacheinander; was vergangen, kommt nicht wieder, alles, was geschieht, geht in einer bestimmten Richtung. Unter dem Einflusse der Entfernung scheint die Zeit manchmal einen anderen Charakter anzunehmen. Die Einsinnigkeit verschwindet im Fernblick. Der Umlauf der Trabanten um die Planeten scheint immer gleich zu sein, ein Weg, der in sich zurückläuft. Das ist aber nur die Wirkung der Perspektive. In Wirklichkeit sind die kosmischen Bewegungen einsinnig, wir sehen nur den kleinen Winkel nicht. Sie sind keine echten Kreisläufe, nur Spiralen.

Man muß zwischen Lage und Dauer eines Zeitabschnittes unterscheiden. Ein Zeitabschnitt ist in bezug auf einen andern „früher" oder „später". Für Lage sagt man besser Folge. Zeitfolge und Zeitdauer sind zwei verschiedene Elemente. Messen können wir nur die Zeitdauer. Daher ist es unser Bestreben, die Zeitfolge in Zeitdauer zu verwandeln.

---

bedeutet, wie eine Stunde der Gegenwart oder der fernsten Zukunft, das können wir aus der Empfindung nicht nehmen, sondern nur aus der Einheit und Identität unseres Selbstbewußtseins, die wir jedem Ereignisse zugrunde und zwischen zwei nicht unmittelbar folgende Ereignisse hineinlegen.] Die objektive und die subjektive Seite der Zeit wird treffend geschildert von dem oben genannten Paul Flemming in einem kleinen Lehrgedicht „Gedanken über die Zeit" z. B. in folgenden Versen:

Die Zeit, die stirbt in sich und zeugt sich auch aus sich,
Dies kömmt aus mir und dir, von dem du bist und ich . . .
Die Zeit ist, was ihr seid, und ihr seid, was die Zeit,
Nur daß ihr enger noch als, was die Zeit ist, seid.

Vom Zeitbegriffe sollte man nicht sprechen. Die Zeit ist kein Begriff, sondern eine Anschauung. Unter den Begriff „Mensch“ kann ich Weiße, Schwarze, Große und Kleine bringen, die Zeit aber ist weder jung noch alt, weder klein noch groß. [Die Einzeldinge sind vor dem Begriffe, der aus ihnen gewonnen wird. Z. B. die verschiedenen Menschen existieren, ehe der Begriff „Mensch“ aus ihnen abstrahiert wird. Die Zeit aber ist stets fertig in unserem Bewußtsein, sie existiert in ihm, ehe in ihr einzelne Teile angenommen werden.] Vergangenheit und Zukunft sind ihre Eigenschaften. Diese „Eigenschaften“ aber bedeuten nur die Teilung der Zeit von einem Punkte aus vorwärts und rückwärts.

Es gibt [objektiv] keine leere Zeit. Die Zeit ist [objektiv] nur durch ihren Inhalt, und jede Zeit hat ihren Inhalt. So glaubt Heinrich Noë in den fallenden Tropfen der Adelsberger Höhle „den Pulsschlag der Zeit zu vernehmen“. Es gibt allerdings Zeiten, von deren Inhalt man nichts weiß. So sagt Kant: „Als die Erde noch glühend war, so daß es kein Leben gab. . . .“ Diese Zeit ist leer wegen unserer Unwissenheit. Es ist die Aufgabe der Wissenschaft, die leeren Zeiten allmählich auszufüllen.

Jeder Vorgang hängt mit einem anderen zusammen. Die Zeit ist allumfassend, und die Einheitlichkeit der Zeit erfordert einheitliche, zusammenfassende Behandlung aller wissenschaftlichen Probleme. Geologie und Geschichte müßten nach gleichen Zielen streben, die erste müßte sich in der zweiten fortsetzen. Aber das ist vorderhand noch ein Ideal. Die Geschichte bestimmt Zeitfolge und Zeitdauer, die Geologie aber, wie wir im folgenden sehen werden, hat sich meist nur mit der Zeitfolge beschäftigt; die Fragen der Zeitdauer sind im allgemeinen sehr vernachlässigt worden und sollen hier etwas schärfer geprüft werden.

2. Kapitel.

Die Entwicklungswissenschaften.

Daß hier von der Wissenschaft der Erdoberfläche aus die Zeitfrage aufgeworfen wird, kann auf den ersten Blick überraschen. Denn hat die Geographie anderes zu tun als zu beschreiben? Allerdings ist die Beschreibung der Raum- und Lageverhältnisse in der Erdoberfläche ihre erste Aufgabe. Aber hier zeigt sich sofort die notwendige Beziehung zur Zeit, denn alles was man geographische Erscheinung nennt, ist durch Bewegung im Raum der Erdoberfläche entstanden, und diese Bewegung hat irgend einen Zeitabschnitt beansprucht. Wo anders aber mißt sich diese Zeit als im Raum der Erdoberfläche, die wie ein ungeheures Zifferblatt die Bewegungen über sich hinschreiten läßt, daß man dann ihre Aufeinanderfolge und im günstigen Fall sogar ihre Zeitdauer an den Spuren abmessen kann, die sie hinterlassen haben? Die Strandlinien am Gestade eines sich hebenden Landes, die Terrassen an den Wänden eines Tales, das einen Fluß einschneidet, die Grenzen, in denen ein Staat oder das Verbreitungsgebiet eines Volkes, einer Tier- oder Pflanzenart in verschiedenen Epochen sich befand, alle sind Zeitmarken. Wie wenn über ein welliges Gelände mit zahlreichen flachen Becken Sturzregen niedergegangen sind, deren austrocknende Tümpel konzentrische Schlammränder hinterließen, so erscheint mir in diesem Lichte die Erdoberfläche, soweit sie nicht vom Meere verhüllt ist: Hier hat ein Meeresarm, dort ein See oder ein Fluß, ein Gletscher Spuren seines höheren Standes hinterlassen, die sich stufenweise übereinander ordnen oder, bei geringen Höhenunterschieden, nebeneinander zu liegen scheinen. Ebensolche Spuren, wenn auch nicht so augenfällig, hat die Geschichte des Lebens in konzentrisch sich verengernden

oder erweiternden Gebieten der Pflanzen und Tiere, der Völker, der Stämme, der Staaten hinterlassen. Ich steige an einem Hochgebirge empor und lasse die Grenze des Waldes hinter mir, da stehen die zerzausten Stämme der letzten Lärchen, die Reste der ebbenden Welle des Baumwuchses, die jetzt nach unten zurückschwillt, dann folgen die zu Rundhöckern abgeschliffenen Köpfe der Klippen: Spuren der nach oben sich zurückziehenden Gletscher, dahinter Moränen: eine zweite Kette von Spuren. Und wenn ich nun der Geschichte der einzelnen Pflanzen- und Tierarten nachforschte, die mich umgeben, würde ich immer wieder dasselbe Bild wie beim Lärchenwald gewinnen, nämlich das Bild des Rückganges oder des Vordringens. Selbst die letzte Almhütte, die ich nun passiere, wo ich schon den Gletscherrand leuchten sehe, gemahnt mich daran; denn was ist sie anders als ein äußerster Vorposten der bergwärts sich ausbreitenden menschlichen Siedelungen? So ist denn jede Landschaft eine im tieferen Sinn historische und nicht bloß der Kieselstein auf meinem Wege, dem ich den Glazialtransport aus Finland oder Rügen ansehe, zieht meinen Blick in erdgeschichtliche Fernen, jedes Sandkorn und jeder Grashalm ist eine geschichtliche Existenz, bei deren Anblick mir nicht bloß die Reihe der Monate oder Jahre ihrer individuellen Dauer, sondern im Zusammenhang damit die Jahrhunderttausende und Jahrmillionen ihrer Geschichte als Gattung und Art ins Bewußtsein treten. In allen diesen vielartigen Erscheinungen habe ich es mit Reihen oder Ketten zu tun, deren Glieder durch Zeiträume getrennt sind, und habe bei ihrer wissenschaftlichen Betrachtung auf diese ihre zeitliche Anordnung das größte Gewicht zu legen.

Durch diese gemeinsame Beziehung zur Zeit werden alle Wissenschaften, die Entwicklungsreihen erforschen, zu einer Familie. Das ist in der Systematik der Wissenschaften bereits zum Ausdruck gekommen.

Wundt schiebt z. B. zwischen die Wissenschaften der Erscheinungen oder die phänomenologischen — Physik, Chemie, Physiologie — und die systematischen — Mineralogie, Botanik, Zoologie — die Wissenschaften der Entwicklung: Kosmologie, Geologie, Entwicklungsgeschichte der Organismen. Auf Grund der gemeinsamen Eigenschaft, daß ihre Erscheinungen in großen Zeiträumen aufeinanderfolgen, ist ihnen aber auch die Völker- und Staatengeschichte zuzurechnen, die zwar mit den Geisteswissenschaften verbunden wird, in Wirklichkeit aber als Geschichte auf der Erde unzertrennlich verbunden ist mit der Geschichte der Erde, wie denn in der sogenannten Vorgeschichte ein breiter, gemeinsamer Grenzsaum zwischen beiden hinzieht. Da nun die beschreibenden (oder systematischen) Wissenschaften sich mit den Erzeugnissen der Entwickelung der Erde und des Lebens auf der Erde beschäftigen, ist die Frage berechtigt, ob die beiden dergestalt durch ihr Geschehen in großen Zeiträumen verbundenen Gruppen der Naturwissenschaften gleichwertig im System der Wissenschaften seien. Oder bilden nicht vielmehr die sogen. systematischen, klassifizierenden oder beschreibenden Wissenschaften nur eine Vorstufe der genetischen? Wir glauben in der Tat, daß die übliche Sonderung und Nebeneinanderstellung beider nicht gerechtfertigt sei. Die Klassifikation der Wissenschaften mag aus praktischen Gründen noch die systematischen oder beschreibenden von den genetischen Wissenschaften trennen, diese sind doch nur die Fortsetzung jener in einer Sphäre, wo die großen Fragen die Zeitfragen sind: Wann und Wie lang?[1])

Und so verhält es sich eigentlich auch in der Praxis der heutigen Wissenschaftspflege. In Wirklichkeit sind

---

[1]) [R. nähert sich hier der Unterscheidung, die Wundt zwischen konstruktiver und rekonstruktiver Klassifikation macht. Vgl. Wundt, Logik 2. Aufl. II, 1, S. 55—59.]

ja die sogenannten Systematiker in den naturgeschichtlichen Disziplinen so gut Zoologen und Botaniker wie die Morphologen, Embryologen und Paläontologen. Und dabei ist es bezeichnend, daß dieselben in vielen Fällen durch die Nutzbarmachung ihrer systematischen Unterscheidungen für tier- und pflanzengeographische Studien sich eine Verbindung mit der genetischen oder geschichtlichen Richtung offen halten. Denn wer vermöchte heute eine Aufgabe der Biogeographie anders als geschichtlich aufzufassen und zu behandeln? Unbewußt verfolgen diese Forscher dabei auch den Zweck, ihrer Arbeit durch ein höheres Ziel einen höheren Wert zu verleihen, bekennen aber zugleich, daß sie sich als Systematiker nicht mehr selbständig fühlen. Solange den Systematikern die Arten unveränderliche Schöpfungen waren, die mit immer gleichen Eigenschaften sich bis zum Untergange der ganzen Schöpfung fortpflanzten, der sie angehörten, war auch der systematische Wert dieser Arten ein anderer als heute, wo wir in ihnen nur vorübergehende Zustände sehen, hinter und vor denen andere Zustände liegen, aus denen sie hervorgegangen sind, in die sie übergehen werden: gewesene, seiende und werdende Arten. Freilich ist die Dauer der Arten groß genug, um ihre Unterscheidung und Feststellung noch immer zu einer Angelegenheit von großer wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung zu machen. Ihr Werden und Vergehen ist nicht so rasch, daß sie nicht auch durch ihr Sein bedeutend wären. Die Pflanzen und Tiere von heute sind Tatsachen, mit denen z. B. die geographische Schilderung jedes Landes, Berges, Sees, Meeres zu tun hat. Und noch dringender fordert die allgemeine Kenntnis des Lebens die praktische Übersicht der fast zahllosen Pflanzen- und Tierformen in einer klaren und dauerhaften Einteilung. Wir möchten nicht in den Ausruf Mialls einstimmen: Morphologie ist kein Ziel des Studiums mehr an sich. Nur die Klassifikation als Selbstzweck hat uns

die trockenen, geistlosen Systeme und Systematiker, die Museums- und Herbariumsgelehrten, die öden, aus Namen- und Zahlenreihen bestehenden Handbücher geliefert, Leben in diese Erstarrung hinein hat dann immer die Erinnerung an die geschichtlichen Aufgaben gebracht, für die alle Klassifikationen nur Vorarbeit sind. Das ist eben, was man gewöhnlich als den belebenden oder vergeistigenden „Entwicklungsgedanken" bezeichnet, oder als die „phylogenetische Richtung", die die rein formbeschreibende Arbeitsweise ganz zurückgedrängt habe; oder wovon man auch sagt: Die Abstammungslehre hat jeder organischen Form eine neue Beziehung verliehen, was nichts anderes heißt, als: sie hat sie in die Reihe eingestellt, in die sie nach ihrer Entwicklung gehört. In Wirklichkeit ist es doch immer nur der Hinweis auf die geschichtliche Wirklichkeit, deren Nachbildung, soweit sie eben möglich, höchste Aufgabe dieser Wissenschaften ist. Das bestgeordnete Museum ist im Vergleich zur Natur immer eine Rumpelkammer. Ein Bild des Lebens zeigt uns nur die Geschichte, sei es die Geschichte des Planeten oder die Geschichte eines Indianerstammes oder der Huftiere oder der Primeln.

Darin liegt nun eben der Unterschied der Systeme, daß sie bald mehr und bald weniger Geschichte aussprechen. Das künstliche System behandelte die Geschöpfe wie geschichtslose, unverbundene, und verlor den Lebensfaden ihrer Entwicklung. Ein natürliches System irgend welcher Naturdinge bringt dagegen immer Späteres und Früheres miteinander in die Verbindung, in der es seiner Stellung in der Zeit nach gewesen ist, spricht also ein Zeitverhältnis oder geschichtliches Verhältnis aus. Darauf kommt es in einem solchen System an, nicht auf die Abstufung zwischen dem „Niederen" und „Höheren", die es, manchen Definitionen zufolge, ausdrücken soll. Diese Abstufung ergibt sich in der Regel, wenn auch die Rückschrittserscheinungen oder

Rückbildungen manche Abweichung hineinbringen. Aber sie kann sich nur von selbst ergeben, kann nicht der Zweck der Klassifikation sein. Wenn dennoch das natürliche System der Pflanzen oder der Tiere, so wie es nach unendlichen Mühen heute aufgebaut ist, im allgemeinen das Bild einer Stufenfolge von niederen zu höheren Formen gibt, so beweist das eben, wie der Fortschritt in der Entwicklung der Lebewelt überwiegt. Dagegen müssen selbstverständlich diese nach der Entwicklungsverwandtschaft aufgebauten Systeme in der Aufeinanderfolge ihrer Gruppen ein Bild von der geschichtlichen oder geologischen Entwicklung geben. Je mehr sie das tun, desto natürlicher sind sie. Und deshalb war die Möglichkeit, die paläontologischen Funde in die schon früher aufgerichteten natürlichen Systeme der lebenden Pflanzen- und Tierwelt einzureihen, ein schöner Beweis für deren naturgemäße Anordnung. Es sind zwar dadurch einzelne Umstellungen im System nötig geworden, aber im ganzen erwiesen sich diese Systeme als zutreffende Bilder der geschichtlichen Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt, soweit man diese eben kennt. Wenn man also sagt, die Paläontologie hat die Biologie bei der Verbesserung des Systems unterstützt, so heißt das nichts anderes, als daß die Paläontologie geschichtliches Material zur Aufhellung der wahren Stellung bestimmter Pflanzen- und Tiergruppen in der Entwicklung des Lebens beigebracht habe. Immer trugen die Versteinerungen genetische Abzeichen, aber man lernte sie erst entziffern, als man mit der Absicht an sie herantrat, sie zu den ursprünglichen Abstammungsketten in bunter Reihe mit lebenden Pflanzen- oder Tiergruppen zu verbinden, d. h. sie nach ihrer Zeitfolge anzuordnen. Es war sehr verkehrt, die Systematik überhaupt mit einer gewissen Mißachtung zu behandeln, als ob sie nur ein Hemmnis der gesunden Entwicklung wäre. Wir sehen, wie sie vielmehr zu den Fundamenten jeder Entwicklungswissenschaft

gehört. Ich will nicht von dem historischen Wert einer mit Aufwand von Fleiß und Geist aufgebauten Systematik sprechen, sondern nur die Tatsache feststellen, daß zwar das „Fachwerk der Systematik“, wie es bezeichnenderweise genannt wird, ächzte und krachte in allen Fugen, als manche künstliche Kategorie herausgenommen wurde, aber trotz aller Umgestaltungen des letzten Menschenalters noch zahlreiche Züge aus der vordeszendenzlichen Zeit, hauptsächlich Grundzüge, behielt und behalten wird. Man kann sogar sagen, daß gegen die Leichtigkeit, mit der Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten hier aufgestellt und dort wieder aufgelöst werden, sich neuerdings eine entschiedene Reaktion eingestellt hat. Die Herrschaft der Linnéschen und Cuvierschen Grundsätze bedrohte einst die Systematik mit geistloser Verknöcherung, „der ungezügelte Subjektivismus der Neuzeit kann leicht zur Anarchie führen“ (Zittel). Wir werden den Nutzen einer sorgfältigen Systematik für die Biogeographie und die Erdgeschichte kennen lernen und werden erfahren, daß gerade die genetische Auffassung noch mehr und gründlichere Systematik braucht als alle anderen.

In allen Wissenschaften vom Leben ist so durch das Aufkommen der Entwicklungslehre der Blick in die Tiefe an die Stelle des flächenhaften Sehens getreten. Der Systematiker früherer Zeit sah alle Arten, Gattungen, Familien der Lebewesen in künstlichen Gruppen, die kein Zeitabstand auseinanderhielt; „ihm projizierte sich der tiefe Raum organischen Werdens auf den heutigen Querschnitt der Entwicklung“ (Steinmann). Alle Wesen einer Schöpfungsepoche waren gleichalterig, da sie alle einem einzigen Schöpfungsakt ihr Dasein verdankten. Der Systematiker des Zeitalters der Entwicklungslehre kann dagegen die Lebewesen nur noch perspektivisch sehen, sie ordnen sich nach ihrer geschichtlichen Stellung hintereinander, sie gruppieren sich weiter nach Zweigen und

Ästen. Ein Blick, der nicht in die Tiefe dringt, versteht gar nicht mehr den Grund des Daseins dieser zahllosen Lebensformen. Die überraschende Vernachlässigung der Entfernungen hat sich auch bei der Frage der Beeinflussung der Völker durch ihre Naturumgebung gezeigt. Man leugnete diesen Einfluß, indem man auf die Verschiedenheit der Völker hinwies, die unter ganz ähnlichen Bedingungen nebeneinander wohnen, als ob sie alle gleichzeitig dort aufgetreten seien und gleich lange Zeit dem Einfluß ihres Wohnraumes unterworfen seien. So haben endlich auch die Darstellungen der Völkerkunde an Tiefe gewinnen müssen, und die Perspektive der Geschichte hat sich nicht bloß für Völker vertieft, deren Vergangenheit nun erst Beachtung gewonnen hat, sondern die Geschichte hat überhaupt an Tiefe gewonnen, und die Frage nach der richtigen Perspektive für die Erscheinungen, die nicht ohnehin historisch-chronologisch festgelgt sind, ist eine Hauptfrage. Von ihrer richtigen Beantwortung hängt es z. B. ab, ob ich die Herkunft — ich vermeide mit Absicht das Wort „Ursprung" — der indogermanischen Völker überhaupt wissenschaftlich und mit irgend einer Aussicht auf Erfolg werde behandeln können. Zittel hat die Selbständigkeit der Paläontologie der Tiere und Pflanzen als ein großes Ergebnis der Bewegung bezeichnet, die die Abstammungstheorie in der ganzen Biologie hervorgebracht hat; die ganze Forschungsmethode der Paläontologie sei dadurch beeinflußt und umgestaltet worden.[1]) Man kann diese Behauptung beträchtlich erweitern, indem man sagt: jede beschreibende Wissenschaft hat in dieser Zeit ihre besondere Paläontologie herausgebildet, wodurch sie alle eine gewaltige Vertiefung erfahren. Die vorher der Geologie untergeordneten Paläophyto- und Paläozoologie haben sich eng mit der Pflanzen- und Tierkunde verbunden, die

---

[1]) Ontogenie, Phylogenie und Systematik. S. A. 1889. S. 126.

Geographie ist mit der Geologie, die Geschichte und Völkerkunde sind mit der Vorgeschichte verwachsen.

Dieses Wurzeltreiben in die Vergangenheit hinein hat aber bei allen diesen Wissenschaften auch die Verbindung mit der Erde neu belebt. Darin liegt eine Gemeinsamkeit der Entwicklung aller verwandten Wissenschaften, die auf der einen Seite in dem gleichen Verhältnis zu ihrer klassifikatorischen Abteilung stehen und auf der anderen mit der Erde verbunden sind. Auf den ersten Blick ist es klar, daß die Paläontologie im engeren Sinn oder die alte Paläontologie nur ein Teil der Botanik und Zoologie sein kann. Wenn man sie auch als eine besondere Disziplin, als „Lehre von den fossilen Pflanzen und Tieren" definiert, ist sie doch nicht ohne die engste Verbindung mit den Wissenschaften von den lebenden Pflanzen und Tieren zu denken. Aber tatsächlich ist sie eben so eng mit der Geologie verbunden und zu ihren hervorragendsten Pflegern gehörten Geologen, für die die Paläontologie in erster Linie „die Lehre von den Leitfossilien" war. Denn da die Reste des vergangenens Lebens in die Erde zurücksinken, wo sie in derselben Schichtenfolge übereinanderliegen, wie einst ihre Zeitfolge im Leben war, sind sie als Leitfossilien das einzige Mittel zu einer Chronologie der Erdgeschichte für die Zeit, seit der die Erde Leben hegt. Erst die Vervielfältigung der Reste des Lebens der Vorwelt hat wieder engere Beziehungen zum Leben der Jetztzeit geschaffen; denn sie ließ die Beziehungen zwischen beiden deutlicher hervortreten und zeigt, wie sie aufeinander angewiesen sind, um die Lücken in den Entwicklungsreihen des Lebens auszufüllen; da stellte sich denn eine dritte und letzte Erklärung des Wesens der Paläontologie als „Geschichte der Pflanzen- und Tierwelt" ein, die die abschließende sein dürfte. Wenn wir die Völker- und Staatengeschichte als die Paläontologie der Völker- und Staatenkunde auffassen, sehen wir uns in ähnlicher

Weise auf den Boden geführt, auf dem Völker und Staaten erwachsen, und zu dessen Behauptung und Abgrenzung Völker zu Staaten geworden sind. Was an geschichtlichem Material hinter den Urkunden und Inschriften liegt, müssen Ausgrabungen aus der Erde zutage fördern, wobei Stein- und Metallgeräte, bearbeitete Knochen oder Knochen von Haus- und Jagdtieren in ähnlicher Weise die Chronologie der aufeinanderfolgenden Schichten bestimmen, wie in der Geologie. Ja, die Prähistorie des Menschen und die Paläontologie der Tiere und der Pflanzen arbeiten in den Diluvialschichten geradezu in demselben Material nach denselben Methoden. In diesen geschichtlichen Abschnitten werden also alle Wissenschaften, die der Erde angehörige und in die Erde zurücksinkende Erscheinungen erforschen, zu Erdwissenschaften.

Nicht alle systematischen Naturwissenschaften sind in gleichem Maße bestimmt, in Entwicklungswissenschaft überzugehen. In je engerem Entwicklungszusammenhang die Pflanzen und Tiere stehen, um so näher liegt der Botanik und Zoologie diese Verwandlung. Auch für die Völkerkunde läßt sich ein Fortschritt in dieser Richtung voraussehen, wiewohl die Schwierigkeiten, aus dem bunten Nebeneinander und Sichdurchdringen des heutigen Völkerlebens ein Nacheinander herzustellen, viel größer sind als bei Pflanzen und Tieren. Bei der Erde gelingt es wohl, das Nacheinander der Erdschichten so weit zu bestimmen, als Schichtenfolge und Fossileinschlüsse es erlauben, wogegen die Chronologie der Ausbruchsgesteine immer unklar bleibt, wo sie nicht zwischen genau zu bestimmenden Schichtgesteinen auftreten. Aber die Welt und die Erde zeigen uns Naturerscheinungen, die überhaupt nicht in Entwicklungsreihen angeordnet werden können und sollen, weil sie nicht aufeinander folgen, sondern nebeneinander liegen. Die Klassifikationen der Sterne nach der Größe oder der Bewegungsweise sind nicht genetisch, während

in der nach der Lichtstärke ein genetisches Motiv erkennbar geworden ist. Die Geographie hat ebensowohl genetische als künstliche, auf Größe und Lage der Dinge begründete Systeme aufgestellt und hält sie nebeneinander aufrecht. Diese Eigentümlichkeit macht sich noch stärker im beschreibenden Teil geltend. Wenn in allen systematischen oder beschreibenden Wissenschaften die Arbeit in zwei Hälften zerfällt: 1. die Klassifikation und Beschreibung der Gegenstände und 2. die Erforschung ihres Entwicklungszusammenhanges oder ihrer natürlichen Verwandtschaft, so bleibt doch ein großer Unterschied in dem Anteil, den an jeder einzelnen Wissenschaft Klassifikation, Beschreibung und Erforschung haben; die einen sind vorwiegend klassifizierend, in anderen tritt die Beschreibung in den Vordergrund. Das hängt davon ab, daß diese Wissenschaften verschieden sind nach dem Umfang und dem Zeitverhältnis ihres Stoffes. Die Botanik und Zoologie behandeln die zahllosen Formen des im Grunde einförmigen Lebens, die Mineralogie die beschränkte Anzahl von chemischen Verbindungen, die in der Natur außerhalb der Lebensprozesse sich erzeugt; in diesen dreien überwiegt wegen der Fülle der meist ziemlich scharf getrennten Gegenstände die Klassifikation, für die die Beschreibung im allgemeinen Gehilfendienst leistet. In der Kosmographie und Geographie erhält dagegen die Beschreibung den Vortritt, denn sie haben es mit Erscheinungen zu tun, in denen nicht die Sonderung wichtig ist, sondern die Verbindung und Wechselbeziehung. Deshalb handelt es sich in ihnen mehr um die Darstellung des Nebeneinander der Erscheinungen im Welt- oder Erdraum nach ihrer natürlichen Lage, als um ein Herausheben und Aufreihen in ein System. Wo sie aber klassifizieren, und auch für sie ist die Klassifikation wesentlich, handelt es sich nicht um ein einziges System, sondern um vielerlei Systeme. Die Geographie hat z. B. Klassifikationen der Erdteile, Inseln,

Meere, Küsten, Gebirge, Vegetationsformen, Siedelungen der Menschen. Aber man könnte nicht sagen, daß in deren Ausbildung die Voraussetzung für die Entwicklung der geographischen Wissenschaft gelegen sei. Deswegen stehen hier auch die Klassifikationen nicht am Anfang der Wissenschaft, wo wir vielmehr die Ausmessungen und Lagebestimmungen als Voraussetzung einer guten Beschreibung und das Studium der Wechselbeziehungen der tellurischen Erscheinungen finden, sondern jene wurden erst in einem späteren Stadium ausgebildet. So wäre es denn keineswegs müßig, diese Wissenschaften von den im engeren Sinne klassifizierenden als beschreibende Wissenschaften abzusondern und das um so mehr, als auch die Art ihrer Beschreibung eine besondere ist, wie vor allem die Verbindung von Karte und Text sowie die bis zum Künstlerischen sich erhebende Schilderung — man erinnere sich an A. von Humboldts Ansichten der Natur und Kosmos — in der Geographie zeigt. Allein es hat keinen Zweck, jetzt bei dieser interessanten Eigenschaft zu verweilen.

Alle Wissenschaften, deren Erscheinungen über die Erde hin in solcher Weise verbreitet sind, daß sie örtliche Einflüsse zeigen, haben einen geographischen Abschnitt. Sie sind alle Teile der großen Erdwissenschaft und gehören insoweit zur Geographie im weitesten Sinn. Die Geologie, wenn sie die Verbreitung der Gesteinschichten- und Massengesteine über die Erde hin verfolgt, die Pflanzen- und Tiergeographie, die Klimatologie, der Erdmagnetismus, die Anthropogeographie, die historische Geographie sind alles die geographischen Teile der verschiedensten Wissenschaften oder umschließen sozusagen die tellurischen Abschnitte, mit denen die Geologie, Botanik, Zoologie, Meteorologie, Magnetismus, Völkerkunde und Völkergeschichte der Erde aufruhen. Allen gemein ist die Bedeutung der Karte als Darstellungs- und Forschungs-

mittel, und für alle bedeutet der heutige Verbreitungszustand etwas geschichtlich Gewordenes, durch dessen Erkenntnis dieses Geographische ebenso in ein Geschichtliches überzugehen, aus Geographie Verbreitungsgeschichte herauszubilden strebt, wie das System sich zur Stammesgeschichte chronologisiert. Das System projiziert sich in der Betonung des Habitat auf die Erdoberfläche, denn jede Art hat ihr Gebiet, und das Gebiet der Gattung ist bei mehrartigen Formen größer als das der Art, sowie die Gattung eine höhere Kategorie ist als die Art. Das bedingt einen engen Zusammenhang zwischen Biosystematik und Biogeographie. Daher auch biogeographische Irrtümer infolge von Fehlern des Systems. Man faßt heterogene Formen zusammen und meint ihnen nun auch ein gemeinsames Entstehungsgebiet zuweisen zu müssen. So hatte in der Tiergeographie der systematische Irrtum einer genetischen Gruppe der Laufvögel den geographischen der Annahme eines gemeinsamen antarktischen Schöpfungszentrums für dieselbe zur Folge.

* * *

Den geschichtlichen oder Entwicklungswissenschaften stehen gleichfalls als eine geschlossene Gruppe der Naturwissenschaften die phänomenologischen gegenüber — Physik, Chemie, Physiologie —, die das Gemeinsame haben, daß sie keine Entwicklungsreihen von Erscheinungen, sondern nur die einzelnen Glieder solcher Reihen prüfen. Insofern kann man sie ungeschichtlich nennen. Nach ihrem bevorzugten Werkzeug nennt man sie auch Experimentalwissenschaften. Auch das Experiment ist eine Frage der Zeit, denn es ist nur anwendbar auf Erscheinungen, die aus einem Entwicklungszusammenhang vollständig losgelöst werden können. So wie es gewöhnlich verstanden wird, verlangt es eben darum auch einen Beobachter, der

die Bedingungen einer Erscheinung willkürlich ändert, ist also von dessen Lebensdauer abhängig. Schon darum entziehen sich alle langzeitigen Erscheinungen der experimentellen Behandlung. Auch wo einzelne astronomische, geologische, biologische Vorgänge im Experiment wiederholt und vielleicht abgeändert werden können, ist ihr Umfang so gering, daß solchen Experimenten immer das Abschließende fehlt, das in der Natur des Experimentes liegt. Ein geschmolzenes Silikatgestein, das man langsam abkühlt, wird in seinem Verhalten etwas an Lava erinnern; aber kann man es mit wirklicher Lava vergleichen, die hundert- oder tausendmal so langsam abkühlt und außerdem unter ganz anderem Druck steht? Ein solcher Schmelz- und Abkühlungsversuch kann den Vorgang verdeutlichen, ein verkleinertes und abgekürztes Abbild desselben wird und kann er nie sein, weil eben die Massengröße und Zeitdauer zum Wesen des Originals gehören. Ebensowenig kann man einen Gletscher im Experiment nachahmen, der in ein paar Jahrhunderten das Firnkorn vom Alpenkamm ins Tal herunter trägt. Man kann die Gletscherbildung in ihren meisten Teilen nachbilden, aber zum Ganzen derselben gehört die Zeit, die man nicht entfernt vollständig in den Versuch einführen kann. Man muß die volle Nachbildung der Erscheinung nur von der Natur erwarten. Und so liegt denn die Bedeutung des Vergleiches der Erscheinungen in der vergleichenden Erdkunde darin, daß sie dieselbe Erscheinung unter den verschiedensten Bedingungen studiert, unter denen sie in der Natur vorkommt. Die Alpengletscher, die norwegischen, die von Alaska, die grönländischen, und auf der anderen Seite die Gletscher eines Hochgebirges in den Tropen sind gleichsam Experimente der Natur selbst, aus deren Vergleich das Wesentliche der Erscheinung fast ebenso klar hervortritt wie aus dem Vergleich der Ergebnisse verschiedener Experimente. Sie stehen den echten Laboratoriumsexperimenten der Physiker und

Chemiker jedenfalls viel näher als jene Nachbildungen der Naturerscheinungen im kleinen.

Die physikalischen und chemischen Erscheinungen, denen in dieser Betrachtung auch diejenigen physiologischen zuzurechnen sind, die in keinem Entwicklungzusammenhang stehen, werden also in engem Raume und in kurzen Zeiträumen erforscht und können im Laboratorium auch dann nachgeahmt werden, wenn sie in der Natur im großen des Raumes und der Zeit sich abgespielt haben, wie die Bildung von Steinsalzlagern, von Erzgängen u. a. Die Vorgänge bei der Bildung von Steinsalzkristallen sind nämlich dieselben, ob sie ein Milligramm oder Milliarden von Tonnen betreffen. Nur darauf kann natürlich auch die Möglichkeit einer Astrophysik und Astrochemie beruhen. Die Fallgesetze konnten an aufgehängten Kugeln und das Sonnenspektrum in dunklen Kammern erforscht werden.

Man könnte also das Eigentümliche dieser Wissenschaften auch in das Verhältnis zur Zeit legen, insofern sie Wissenschaften kurzzeitiger Erscheinungen sind. Die Frage, ob dieses Merkmal nicht wichtiger sei als das des Experimentes, ist insofern wohl berechtigt. Wo wir es mit Erscheinungen zu tun haben, die eine Entwicklung hinter sich haben, ist das Experiment auch noch aus einem dritten Grunde nicht möglich. Denn eine Entwicklung ist nicht bloß eine zusammenhängende Folge von Zuständen, die untereinander so zusammenhängen, daß einer aus dem anderen hervorgeht, sondern diese Zustände sind auch voneinander verschieden. Was wir nun als ihr Ergebnis vor uns haben, ist die Summe aller vorangegangenen Zustände, wozu noch die Wirkungen äußerer Einflüsse kommen, die während dieser Entwicklung Zeit gefunden haben, sich geltend zu machen. Die Erde von heute ist nicht bloß das Ergebnis ihrer eigenen Abkühlung, Abplattung, der Verschiebungen ihrer Meere und Erdteile, sondern auch der Einflüsse der Sonne, die nicht immer dieselben

geblieben sein können, der Meteoriten, die auf die Erde gestürzt sind, des Mondes als Flut- und Ebbeerzeugers. Ihrer Entwicklung experimentell beizukommen, scheitert also nicht bloß an der Größe des Raumes und der Zeiträume, die ins Spiel kommen, sondern auch an der Vielartigkeit der äußeren Einflüsse, die sich damit verflechten. Genau so ist es mit der Geschichte des Lebens auf der Erde, der Völker und der ganzen Menschheit. Kurz, überall, wo ein geschichtliches Element in einer Erscheinung ist, bleibt uns die volle Erkenntnis versagt, weil wir das Werden der Erscheinung nicht wiederholen, daher auch nicht isolieren können. Wir sind also darauf angewiesen, aus dem gegenwärtigen Zustand so viel herauszulesen, als nicht verwischt ist, und das ist in jedem Falle wenig, oder aus den erhaltenen Spuren, seien es nun Dokumente, Versteinerungen, Schichtenkomplexe, ältere Zustände wieder aufzubauen, was immer nur stückweise möglich ist; oder endlich — in lebensgeschichtlichen Fragen — aus der individuellen Entwicklung die Stammesentwicklung zu erahnen, was allerdings nur in den allergrößten Zügen möglich ist.

Wundt hat die Experimente, die große Naturerscheinungen im kleinen Raume unserer unmittelbaren Beobachtung nachbilden, indirekte Experimente genannt. Trotzdem er den Wert derselben zum Teil nicht hoch einschätzt und z. B. in dem Plateauschen Versuch der rotierenden Ölkugel mit Recht mehr eine sinnreiche Veranschaulichung als einen wirklichen Beweis[1]) sieht, meine ich, daß er ihnen doch ihren Platz noch zu nahe bei den echten Experimenten anweist. Er nennt es günstig, daß Plateaus Versuch oder Bischofs Versuch mit der sich abkühlenden Basaltkugel im Dienst der Deduktion stehen und Ergebnisse bestätigen, die aus anderweitigen

[1]) Logik II, 1883, S. 280 (2. Aufl. II, 1, 1894, S. 337).

Voraussetzungen abgeleitet sind. Kann man nicht viel eher sagen, diese Experimente hätten eben solchen Ableitungen nur eine scheinbare Stütze geboten? Wer nicht an die Abplattung der Erde durch Rotation glaubt, wird durch den Plateauschen Versuch nicht überzeugt werden. Der Wert dieser Experimente hängt also nicht von ihnen selbst, sondern von dem Wert der Voraussetzung ab, die durch sie bewiesen werden soll. Ich meine, daß dem echten Experiment viel näher die künstliche Vereinfachung verwickelter Erscheinungen steht, von denen besonders die Geographie schon manche mit Erfolg hat anwenden sehen. Die elementarste ist wohl die Annahme einer gleichmäßig mit Wasser bedeckten Erdkugel, die bei der Erforschung der regelmäßigen Winde und Meeresströmungen gemacht wird. Neuerdings hat W. Köppen in seinem Versuch einer Klassifikation der Klimate[2]) zwei von Pol zu Pol reichende Kontinente, die durch zwei um 90° voneinander abstehende Meridiane und dazwischen liegende, ebenso große Ozeane voneinander geschieden sind, konstruiert; statt der Gebirge und Ebenen gibt es auf diesen Festländern nur Hügelland. Nun sucht er die klimatischen Verhältnisse dieser idealen Land- und Meeresstreifen aus den tatsächlichen abzuleiten. Er nennt diese ersonnene Vereinfachung an Stelle der verwickelten wirklichen Umstände einen Ersatz des in der Klimatologie unmöglichen Experimentes im großen. Ähnliche hypothetische Vereinfachungen sind schon öfters in der Diskussion von Fragen der Luft- oder Meeresströmungen angewendet worden, wo es darauf ankam, die unregelmäßige Verteilung von Land und Wasser zu eliminieren, sogar schon von Halley. Von der echten Hypothese unterscheidet sich diese Annahme dadurch, daß sie sich offenbar nie verwirklichen wird, vielmehr absichtlich von der Wirklichkeit sich entfernt, und gerade

[1]) Geographische Zeitschrift Bd. 6, 1901.

darin liegt die Verwandtschaft mit dem Experiment. Man könnte vielleicht mit Nutzen diesem Vorgehen den Namen „experimentelle Hypothese“ beilegen.

So gewinnen wir also eine große Gruppe von Wissenschaften, die man gewöhnlich in die Natur- und Geisteswissenschaften verteilt, und in systematische oder beschreibende und genetische sondert. Nach dem, was sie alle verbindet, könnte man sie Entwicklungswissenschaften, Zeitwissenschaften oder geschichtliche Wissenschaften nennen. Es wird aber der erstere Name vorzuziehen sein, da er ihr Wesen klar und unmißverständlich bezeichnet. Denn am wichtigsten für sie ist, daß sie alle Abschnitte der einzigen großen Entwicklung des Weltalls behandeln, von der alle ihre einzelnen Erscheinungen umfaßt werden. Die Wissenschaft dieser Entwicklung ist die Kosmologie, zu der als Beschreibung des gegenwärtigen Zustandes die Kosmographie gehört; einen kleinen Teil derselben Entwickelung behandelt die Geologie mit der Geographie. Der Unterschied liegt für uns wesentlich in der Perspektive, denn die Geschichte der Erde ist der Teil der Geschichte des Weltalls, dem wir so nahe sind, daß wir in diese Geschichte selbst hinein, ja zu den Produkten derselben gehören. Wir beobachten sie also ganz aus der Nähe, während wir die Geschichte anderer Weltkörper nur aus der Ferne sehen. Das bedingt grundverschiedene Eindrücke und Methoden. Nicht in der Sache selbst, sondern in der Perspektive liegt es, daß die Astronomie als die einfachere und abstraktere Wissenschaft anderen vorangestellt wird, wie es z. B. Comte in seinem System der Wissenschaften getan hat. Scharfe Grenzen sind zwischen der Kosmologie und den Erdwissenschaften nicht zu ziehen; praktisch wird wohl unser Planet häufig so aufgefaßt, als ob er frei im leeren Weltraum schwebe. Bekanntlich binden ihn aber Anziehungskräfte mit den Körpern des Sonnensystems zusammen, und

der Weltraum ist nichts weniger als leer. Die Kosmologie möchte viel eher in das Gebiet der Erdwissenschaft eingreifen, denn die Entstehung der Erde ist nicht loszulösen von der des Sonnensystems. Nach der gewöhnlichen Definition würden allerdings der Geologie die erdgeschichtlichen Aufgaben gestellt sein, denn „die Geologie behandelt die Geschichte der Erde“, wie wir in einer ganzen Reihe von Hand- und Lehrbüchern lesen. In Wirklichkeit wird aber fast jeder Geolog eine so weite Fassung der Aufgaben seiner Wissenschaft ablehnen, denn da der wichtigste und auch zeitlich sicher bedeutendste Teil der Geschichte der Erde die Entstehung dieses Planeten umfaßt, die ihrerseits nicht ohne die Entstehung des Sonnensystems verstanden werden kann, wozu dann endlich noch die Geschichte des Raumes kommt, in dem die Erde sich bewegt, so wäre eine Grenze gegen die Kosmologie gar nicht zu ziehen. Auch die Geschichte der Erdrinde kann die Geologie unmöglich darstellen wollen, da unserer Kenntnis nur die oberflächlichsten Teile derselben zugänglich sind. Im Grunde ist sie also nicht viel weniger als die Geographie Erdoberflächenkunde, nur daß sie die Entwicklungsgeschichte der unserer Forschung zugänglichen Teile der Erdoberfläche und deren Tektonik studiert, während die Geographie deren Bestand beschreibt und die Wechselwirkungen ihrer Teile bis hinauf zum Menschen zu erkennen sucht. Daß wir damit keine unbillige Beschränkung vorschlagen, darüber belehrt uns des Altmeisters dieser Wissenschaft, H. v. Dechens Bestimmung des Zweckes der Geologie: als „die Entwicklungsgeschichte unserer Erde, genauer der äußeren festen Erdrinde mit ihrer zeitlich wechselnden Bewohnung zu erläutern, aufzuklären und festzustellen“ in dem Vortrag: Über die Ziele, welche die Geologie gegenwärtig verfolgt, auf der Breslauer Naturforscherversammlung von 1874. Die Geologie auf Festlandkunde zu beschränken, wie Theodor Fuchs

möchte,[1]) scheint eine ähnliche Einschränkung anzustreben, aber bei dem überwiegenden Anteil des Meeres an der Bildung neuer Erdschichten ist der Meeresboden der Geologie nicht zu entziehen. Was aber nun die Wissenschaften von der Geschichte des Lebens in der Botanik, Zoologie, Geschichte, Völkerkunde behandeln, das ist wieder nur, zeitlich genommen, ein Abschnitt der Erdgeschichte. Wie weit das Leben in der Geschichte unseres Planeten zurückreicht, wissen wir nicht; die Zeugnisse seiner Geschichte scheinen für immer ohne ihren Anfang bleiben zu müssen, da uns selbst aus den ältesten versteinerungsführenden Schichten schon ein hochentwickeltes Leben entgegentritt. Aber auch wenn wir den Anfang des Lebens der Erde kennen würden, wäre dieses Leben immer ein zeitlich und räumlich ephemeres; seine Zeit kann immer nur als ein kleiner Teil von der Zeit angesehen werden, die die Erdgeschichte in Anspruch nimmt, und diese wieder beansprucht nur einen Teil der Zeit, die die Kosmologie braucht: also auch eine Abstufung dieser Wissenschaften nach der Zeitdauer ihres Forschungsgegenstandes.

3. Kapitel.

Gemeinsame Merkmale und Methoden der Entwicklungswissenschaften.

Für alle diese geschichtlichen Wissenschaften, welches auch sonst ihr Stoff sei, ist die Zeitbestimmung die Hauptaufgabe. Dieselbe enthält immer die Zeitfolge und die Zeiträume. Die letzteren sind aber wieder weitaus wichtiger als die erstere, und ohne ihre Bestimmung

[1]) Was ist Geologie? Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1900 Bd. 15 Nr. 8.

bleibt jede Entwicklungswissenschaft oder geschichtliche Wissenschaft im Zustande äußerster Unvollkommenheit. Die Geographie, die Geologie, die Geschichte des Lebens, die Vorgeschichte des Menschen stehen eben deshalb, verglichen mit der Staatengeschichte, auf ganz unsicherem Boden, weil sie nicht wissen, mit welchen Zeiträumen sie zu rechnen haben. Die schönen Ergebnisse der stratigraphischen Geologie auf dem Felde der zeitlichen Folge der Epochen der Erdgeschichte, wie sie uns besonders in den fossilführenden Schichten zugänglich geworden ist, entschädigen nicht dafür, daß wir mit der hypothetischen Annahme der Abkühlung, Einschrumpfung usw. der Erde in der Luft stehen, solange wir nicht wissen, mit wieviel Jahrmillionen wir z. B. für die Ereignisse rechnen können, die seit der ersten Bildung einer festen Erdrinde verflossen sind. Wenn Nordenskiöld einwarf, die Erde sei nicht aus einem Ball flüssiger Gesteine, sondern durch das Zusammenstürzen von Meteoriten entstanden, so brauchte er nur tiefer in das Füllhorn der Zeit zu greifen, um seine Hypothese mindestens ebenso breit zu fundieren wie jene andere. Daß er dabei das Hereinstürzen von Meteoriten als ein fortdauernd sich wiederholendes annimmt, kann ihm niemand bestreiten. Wenn Playfair die Ansicht vertrat, die Abplattung der Erde an den Polen sei nicht die Folge der Rotation einer feuerflüssigen Kugel, sondern sei infolge stärkerer Abtragung der Polarteile durch Wasser und Eis entstanden, so kann ihm die Richtigkeit dieser Ansicht nur bündig widerlegt werden durch den Nachweis, daß zu solcher Abtragung die Zeit nicht hinreicht, seit der die feste Erdkugel besteht. Die ganz allmähliche, höchst langsame Entwicklung, die Darwin für die Entstehung der Arten voraussetzte, braucht sehr viel Zeit. Nur wenige Biologen haben gerade an dieser Forderung Anstoß genommen; aber doch ist gelegentlich mit vollem Recht die Frage aufgeworfen worden, ob die Geologie die

Jahrmillionen auch nur als möglich bezeichnen könne, die die Entwicklung des Lebens braucht? Es ist also offenbar ein großer Unterschied zwischen Wissenschaften mit Zeitrechnung und Wissenschaften mit Zeitschätzung. Das Bestreben wird immer herrschen, die letzteren auf die Stufe der ersteren zu heben, was freilich nicht ausschließt, daß auch in den Wissenschaften der Zeitschätzung selbständige Fortschritte gemacht werden, die sogar denjenigen Teilen der Zeitrechnungswissenschaften zugute kommen können, die noch nicht bis zur Zeitrechnung fortgeschritten sind.

Die Förderung, die aus der vergleichenden Anwendung der Methoden verwandter Wissenschaften erwächst, wird so recht klar beim Gang von der Erdgeschichte zur Menschheitsgeschichte. Da begegnen wir ganz homologen Erscheinungen und finden aber auch gar bald, wie weit die entfernteren Teile der Menschheitsgeschichte hinter der Erdgeschichte zurückgeblieben sind. Eine zeitverbauende Rastvorstellung, die einigermaßen der Erstarrungskruste des Erdballs entspricht, ist hier die Vorstellung von dem „Anfang aller Geschichte“. Ob es Ägypten oder Babylonien ist, das diesen Anfang markiert, macht keinen Unterschied; der Zweck ist in beiden Fällen eine Mauer zu errichten gegen den Ausblick in eine endlose Vergangenheit, den man fürchtet. Aber noch überraschender als diese Übereinstimmung ist das Auseinandergehen beider Wissenschaften in der Methode. Jene von uns oben formulierte Aufgabe, jeder Erscheinung ihren richtigen Platz in der Zeitfrage anzuweisen, beherrscht wohl die Erdgeschichte, aber in der Menschheitsgeschichte absorbiert das Interesse an der Erscheinung selbst oft die ganze Aufmerksamkeit. Die Frage Was? läßt keinen Raum für die Frage Wann? Daß die Chronologie das Auge der Geschichte sei, gilt praktisch höchstens für die geschriebene Geschichte. Aber für die viel größere und wichtigere un-

geschriebene Geschichte der Menschheit, die sogenannte Vorgeschichte, ist dies Auge nicht klar. Schon in der rein chronologischen Frage: Wann beginnt die Geschichte und wann hört die Vorgeschichte auf? haben die größeren Geschichtschreiber des letzten Menschenalters falsch gesehen, trotzdem die Tatsachen schon für sie ziemlich klar lagen. Würden wir noch heute bereit sein, mit Ranke zu sagen: Ägypten bildet den Abschluß der Vorgeschichte des Menschengeschlechtes, deren beste Hinterlassenschaft die ägyptischen Denkmäler sind? Dieser Ausspruch fiel im Jahre 1881. Nicht bloß Babylonien ragt hinter das zurück, was hier als Anfang der Geschichte gesagt ist, sondern in Ägypten selbst setzt das erste Erscheinen geschriebener Überlieferung, womit man üblicherweise die Geschichte beginnen läßt, eine lange geschichtliche Entwicklung voraus, an deren Erkenntnis man noch nicht verzweifeln darf. Auf der anderen Seite liegt so manches, was wir Vorgeschichte Europas nennen, zeitlich gleich mit dem, was in Ägypten Geschichte ist. Die Gleichsetzung mittel- und nordeuropäischer Bronzefunde mit datierbaren Funden Südeuropas in Mykene, Etrurien usw. ist ja gerade eine der größten Errungenschaften der sogenannten Vorgeschichte, ihrem Prinzip nach zu vergleichen dem Fortschritt, den die Kunde vom vorgeschichtlichen Menschen 1858 machte, als Prestwich in der Höhle von Brixham unter einer Kalksinterdecke Menschenreste mit Knochen diluvialer Tiere und über derselben Knochen des Höhlenbären entdeckte. Prestwichs Entdeckung zeigte unwiderleglich klar die Stelle, wo die Chronologie der Geschichte des Menschen in die geologisch-paläontologische Zeitfolge hineinreicht, was allen Bemühungen von Boucher de Perthes, Lyell u. a. bisher nicht gelungen war. Sie bezeichnet also den Anfang der erfolgreichen Anwendung der geologischen Zeitfolgemethode auf die Geschichte des Menschen, sowie die Ausgrabungen von Schliemann in Mykenä und Tiryns 1884 zuerst die

Möglichkeit heraufgeführt haben, vorgeschichtliche Funde der jüngeren Steinzeit Mitteleuropas auf dem Wege über Griechenland mit ägyptischen Dynastien, d. h. mit der historischen Zeitrechnung zu verknüpfen. Hier sehen wir zwei ganz verschiedene chronologische Systeme ineinandergreifen: das historische der Zeitrechnung und das vorhistorisch-geologische der Zeitfolge; zugleich ist dieses die Stelle, wo die Geschichte der Erde und die Geschichte des Lebens sich so durchdringen, daß die Geschichtsforschung mit der *Methode der Geologie* arbeitet.

Die Einsicht in den wirklichen Gang der Geschichte des Lebens auf der Erde konnte nur von der Geologie kommen, deren *stratigraphische* Arbeiten in Wirklichkeit *chronologische* waren, noch ehe sie als solche erkannt wurden. Vielleicht hat L. *Agassiz* zuerst die Bestimmung des geologischen Horizontes der Fossilien als ihre chronologische Feststellung formuliert; aber den Gedankenkern dieser Methode hat nach *Füchsels* u. a. Versuchen oder Anläufen *William Smith* klar erfaßt, der die Methode der Bestimmung zuerst fand und so ausbildete, daß er die Flözformationen ganz Englands chronologisch zu ordnen[1] und zu parallelisieren vermochte. Die Aufgabe konnte leicht erscheinen, solange man an die Ausbreitung einer und derselben Erdschicht über erdteilgroße Räume, vielleicht über die ganze Erdoberfläche glaubte; sie verwickelte sich aber erheblich gerade durch diesen Glauben, denn er führte dazu, daß man auf Grund schwacher Ähnlichkeiten ganz verschiedene Schichten parallelisierte und dadurch chronologische Irrtümer beging wie sie so massenhaft und so groß in der Chronologie der Menschheitsgeschichte nie vorkommen konnten. Kein Irrtum, sondern eine naturgemäße Unvollkommenheit der ersten Anfänge war die Zusammenfassung ganzer Schichtenkomplexe, die sicherlich vielen Millionen Jahren entsprechen, in einen einzigen Begriff: „Wenn die Kreide- oder Jura-

formation als ungeteilte natürliche Gruppen gefaßt und alle Versteinerungen ihrer Schichten in einer einzigen langen Liste als die Geschöpfe eines langen Zeitalters aufgeführt werden, wird eine endlose Reihe von Anachronismen dem Geiste dargeboten, die keine Lokalitätsangaben berichtigen können; und so lange nicht die Versteinerungen jeder einzelnen Schicht zusammengefaßt und sorgfältig verglichen sein werden, wird man sich keine zutreffenden Vorstellungen von der Aufeinanderfolge der Pflanzen und Tiere dieser langen aneinandergereihten Zeitabschnitte bilden können." [1]) Ein merkwürdiger Zufall hat es gefügt, daß die Katastrophengeologie durch ihr Streben nach möglichst scharfer Auseinanderhaltung der Formationen, und nach Vervielfältigung der Neuschöpfungen zwischen zwei Katastrophen zu der Verschärfung der Chronologie der Lebensgeschichte der Erde ganz wesentlich beigetragen hat, wodurch sie dann unwillkürlich das Aufkommen der Entwicklungslehre förderte. Dieselbe Richtung hat aus gleichen Motiven auch jenen anderen Fehler der geologischen Chronologie berichtigt, der in der unzulänglichen Unterscheidung der Leitfossilien lag. Die Geschichte der Paläontologie erzählt von unzähligen Verwirrungen der Speziesbestimmung, wenn ganz verschiedene Arten oder Gattungen als eine oder dieselbe Art in verschiedenen Graden der Erhaltung oder auf verschiedenen Stufen der Einzelentwicklung als verschieden beschrieben wurden. Was ist früher nicht alles als Unio angesehen, als Gorgonia beschrieben worden! Nach Hunderten zählen die als verschiedene Arten beschriebenen Entwicklungsstufen einer und derselben Form. Der unbedachten Auflehnung gegen die „Speziesmacherei" setzte damals ein Vertreter der Weltkatastrophen die treffende Antwort entgegen: ebenso gut könnte sich ein Astronom über die zu große

---

[1]) L. Agassiz im American Journal of Science and Arts, Mai 1854.

Zahl der Sterne beklagen. (L. Agassiz.) Wir können zurückschauend hinzufügen: Die Vervielfältigung der Schichten und der Arten der Leitfossilien hat nur der Erkenntnis der Entwicklungsgeschichte der Erde gedient; denn beide bedeuteten eine Verfeinerung der Einteilung des Zifferblattes der geologischen Zeit.

Ein Beispiel von dem entgegengesetzten Ende der Entwicklungswissenschaft, aus der Völkerkunde, mag lehren, daß auch dort der erste Schritt über die Klassifikation hinaus die Verwandlung der räumlichen Anordnung, die vor mir liegt, in die zeitliche ist. Es muß immer aus dem Nebeneinander ein Hintereinander gebildet werden. Ich habe z. B. in einem ethnographischen Museum die Bogen von Afrika geordnet und bin dabei von der allgemein gültigen Sonderung in zusammengesetzte und einfache ausgegangen, die mich auf die Bildung von drei Klassen mit mehreren Ordnungen und Gruppen führte; so unterscheide ich denn zuletzt eine ost- und südafrikanische, eine Obernilgruppe und eine Gruppe des oberen Kongo, ferner eine Gruppe des südlichen Kongobeckens, die wieder in eine Kassai- und Südwestgruppe zerfällt, ebenso unter den zusammengesetzten und ihren Verwandten eine Somali-, Haussa- und Dinkaform, dann die von den Arabern und Mauren verbreiteten echt asiatischen Formen.[1]) In ähnlicher Weise geht auf dem gleichen Gebiet Karl Weule bei der Erforschung der Verbreitung und Verwandtschaften des mit den Bogen zusammengehörigen afrikanischen Pfeiles vor. Vorwiegend die Flugsicherung zugrunde legend, kommt er zu folgender Klassifikation: Gruppe des Osthorns und fernen Westens (Senegambiens); Gruppe der östlichen und südwestlichen Bantu, abgeteilt in die Form

[1]) s. m. Abhandlung über die afrikanischen Bogen, ihre Verbreitung und Verwandtschaften im XIII. Bd. der Abhandlungen der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, phil.-hist. Klasse.

des äquatorialen Ostens, die Tanganjikaform, die Sambesiform, die Form des Südwestens; Kongo- und Kassaigruppe; Sudangruppe, abgeteilt in die Formen des Niger-Benue-Gebiets und von Adamaua und die Obernilform. Endlich schließen sich als archaistische Formen die zerstreuten der Buschmänner und Zwergvölker an.[1]) Man sieht, wie diese beiden Klassifikationen sich decken: Dieselbe räumliche Anordnung herrscht im ganzen und großen in beiden. In beiden Monographien folgt dieser mühseligen, systematischen oder klassifizierenden Arbeit, die die räumliche Verbreitung oder das Nebeneinander der afrikanischen Bogen- und Pfeilform darstellt, der Versuch daraus eine zeitliche Aufeinanderfolge zu konstruieren oder, was dasselbe ist, jeder Form ihre Stellung in der Völkergeschichte Afrikas anzuweisen. Daß das nicht leicht ist, wissen wir alle, die auf diesem Gebiet arbeiten. Ebenso sind wir überzeugt, daß die Ergebnisse langer, klassifikatorischer und beschreibender Arbeiten für die Kenntnis der Entwicklung oder, kurz gesagt, ihr geschichtlicher Wert oft sehr gering sind. Wenn ich z. B. als das Hauptergebnis meiner Studien über die afrikanischen Bogen die direkte Abstammung der zusammengesetzten Bogen aus Asien, die Anklänge der ost- und südafrikanischen an asiatische Formen, und endlich das Vorhandensein einer älteren Verbindung zwischen den Südkongoformen und neuguineischen aussprach, und wenn Weule für die afrikanischen Pfeile ähnliche Beziehungen zu Asien und zu Melanesien angibt und außerdem noch eine primitive Pfeilform bei den Buschmännern und den kleinwüchsigen Jägervölkern Innerafrikas nachweist, so ergibt sich eine zeitliche Folge von verschiedenen Einflüssen und Zusammenhängen: asiatische Einwanderungen im Nordosten und Norden, ältere Zusammenhänge mit

[1]) Karl Weule, Der afrikanische Pfeil. Eine anthropogeographische Studie. Leipzig 1899. (Habilitationsschrift.)

Völkern des stillen Ozeans, die in den Pfeilformen noch über Melanesien hinausgehen, vielleicht sogar Nordwestamerika erreichen, und noch ältere zurückgedrängte Reste einer vielleicht ursprünglich afrikanischen Form. Daraus würde sich eine Schichtung nach dem Alter ergeben, die den letzteren ihren Platz zu unterst, den ost- und nordafrikanischen, unzweifelhaft aus Asien übertragenen Formen aber zu oberst anweist. Für die an Australasien erinnernden Südkongoformen wäre außerdem gleichfalls ein hohes Alter anzunehmen. Beim Umblick in der Ethnographie der Afrikaner fehlt es nicht an Dingen, die eine ähnliche Verbreitung zeigen. Ich erinnere an die Trachten und Kleidungsstoffe, die Heinrich Schurtz behandelt hat[1]: Die Gebiete der Rindenstoffe findet man in Innerafrika, besonders ausgedehnt im Waldland, und im Kongobecken hat sich eine der eigenartigsten Industrien der Neger, die Herstellung von Webstoffen aus Raphiafasern erhalten, die an Australasien erinnert.

Wenn sich durch solche Vergleichungen unter der scheinbar einförmigen und geschichtslosen Gegenwartsfläche eine chronologische Schichtung auch nur ahnen läßt, ist damit doch noch lange kein solides Fachwerk für die chronologische Einordnung gegeben. Es bleibt vielmehr eine schwere, oft fast unlösbare Aufgabe, aus einer Fülle von Erscheinungen, die alle nur der Gegenwart oder der jüngsten Vergangenheit angehören, die also nicht schon chronologisch geschichtet sind wie die Gesteine und Versteinerungen in der Erdrinde, eine chronologische Reihe zu bilden. Für viele Gruppen von Lebensformen wird sie niemals ganz gelöst werden. Aber der Versuch sollte doch bei jedem einzelnen Gegenstande gemacht werden, seine chronologische Stellung zu bestimmen. Jede Pflanzen-

---

[1]) Die geographische Verbreitung der Negertrachten. Internationales Archiv für Ethnographie IV. S. 139 u. f.

und Tierart, jeder ethnographische oder prähistorische Fund sollte auf sein genetisches oder Zeitmerkmal geprüft werden. Er kann erst für gut bekannt gelten, wenn das mit Erfolg geschehen ist. Um die Schwierigkeit dieser Arbeit zu ermessen, denke man sich eine Pflanzen- und Tierwelt ohne jede paläontologische Ergänzung ihrer Lücken. Wo würden wir z. B. den Nautilus hinstellen, wenn wir nicht seine Verwandten aus dem paläozoischen Zeitalter besäßen? Das Zauberwort Entwicklung bewährt seine Macht nicht, wo nicht Entwicklung und Fortschritt sich decken, und wo ich nicht eine gerade aufsteigende Linie der Entwicklung, sondern Seitenäste vor mir habe, die sich alle in derselben Höhe verzweigen. Es mag für jetzt genügen, auf diese Schwierigkeiten hingewiesen zu haben.

Die Betrachtung der verschiedenen Entwicklungen und besonders der Wiederholung der phylogenetischen Entwicklung in der ontogenetischen, der geschichtlichen in der individuellen wird uns auf diesen Punkt zurückführen.

Eine andere, mehr äußerliche Schwierigkeit, die allen Entwicklungswissenschaften gemein ist, möge noch hervorgehoben werden. Die Entwicklungserscheinungen haben noch mehr Zufälliges in ihrer Lückenhaftigkeit als alle Naturerscheinungen, von denen wir, zeitlich und räumlich beschränkt, ja immer nur Bruchstücke sehen. Denn da es Reihen und Verzweigungen sind, die sich aus lauter einzelnen Gliedern zusammensetzen, und da diese Reihen und Verzweigungen sich immer über große Zeiträume erstrecken, sind große und häufige Lücken unvermeidlich. Auch werden sie in allen Entwicklungswissenschaften einen ähnlichen Charakter haben, und werden weiter ihnen allen übereinstimmende Aufgaben stellen. Entweder sucht man ein fehlendes Blatt einer Handschrift oder ein fehlendes Bruchstück einer Steininschrift, oder ein vermutetes Mittelglied in der Entwicklung eines prähistorischen Ornamentes oder einen Kiefer- oder Zehenknochen, der in einer

paläontologischen Reihe fehlt, oder eine ganze geologische Zone, einen ganzen Schichtenkomplex. Wo diese „Mittelglieder“ nicht zu finden sind, sucht man aus der Natur der beiden Enden, die man von der zerrissenen Kette besitzt, ihre Beschaffenheit zu erraten, d. h. man versucht die Rekonstruktion. Selbst die Terminologie nimmt da einen übereinstimmenden Charaker an. So liest sich Steinmanns Rektoratsrede über „Paläontologie und Abstammungslehre am Ende des Jahrhunderts“ [1]) an manchen Stellen genau wie ein historischer Essay. Wir hören da öfters von dem geschichtlichen Tatsachenmaterial, von den geschichtlich fixierten Vorgängen, von dem Fortschreiten der Paläontologie auf dem Wege historischer Forschung (im Gegensatz zur konstruierenden Biologie) und begegnen dem Vergleich des flächenhaften Sehens des naturgeschichtlichen Systematikers, der den Begriff der Entwicklung nicht kennt, mit dem Sehen in die Tiefe des Phylogenetikers, „wo hinter dem Endglied der Ketten immer neue Glieder in kaum absehbarer Zahl erscheinen“. Wie die Völkergeschichte und die Paläontologie tatsächlich zusammenarbeiten, indem die Paläontologie das Licht ihrer Chronologie in die Vorgeschichte des Menschen hineinträgt haben wir schon zu zeigen versucht, s. o. S. 58 f. Tatsächlich fühlen wir uns, von der geschriebenen Geschichte aus zurückschreitend, in der Vorgeschichte erst dort wieder wohl, wo wir Reste des Menschen in den Interglazialablagerungen mit paläontologisch wohl bestimmbaren Resten diluvialer Säugetiere beisammen finden. Noch weiter zurückreichende Fragen wie die des Pithecantropus können nun erst recht nur paläontologisch behandelt werden. Ich finde daher, um noch einmal auf die Stellung der Paläontologie zurückzukommen, daß sie eine echt historische Wissenschaft als Vorgeschichte der Lebewelt ist, die uns in der Gegen-

[1]) Abgedruckt in der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift 1899 Nr. 27.

wart umgibt. „Grenzgebiet zwischen Biologie und Geologie“ und gar nun „Hilfswissenschaft der Geologie“ sagen zu wenig von ihr aus.

Diese Stellung der Paläontologie zur Biologie der Jetztzeit wiederholt sich ebenfalls in allen Entwicklungswissenschaften und beeinflußt ihre Methoden in übereinstimmender Weise. Sie laufen alle in einen breiten Saum des Vorgeschichtlichen aus, wo es für uns nicht einmal mehr eine Perspektive gibt. Ob es sich um die ältesten Zeugnisse babylonischer Kultur aus dem 5. oder 6. vorchristlichen Jahrtausend oder um die ältesten Höhlenmenschen handelt, deren Reste mit Höhlenbär oder Mammut zusammenliegen, oder endlich um die frühesten präcambrischen Fossilien: die Zeiträume von diesen Grenzmarken bis zur Gegenwart sind immer verschwindend im Vergleich zu dem, was hinter ihnen liegt. Daraus eben ergibt sich eine ganz ähnliche Stellung dieser Wissenschaften zu den Erscheinungen der vorgeschichtlichen, der antediluvialen, der präcambrischen Perioden. Früher ignorierte man sie überhaupt, jetzt setzt man ihre Existenz voraus, es bleibt aber immer etwas Negatives in ihrer Größe, denn man kennt keine Einzelheiten, die ihren Verlauf illustrieren könnten. Ungeheure Zeiträume werden für ihre Dauer angenommen, weil man sie braucht, um die herwärts liegenden Erscheinungen zu erklären. Wer würde aber wagen, die Jahrtausende zu schätzen, in denen die Wurzeln der Kulturen von Ost- und Westasien und Ägypten ruhen, die Jahrmillionen, die dem Träger der Steinbeile von St. Acheul vorangegangen sind, oder die vielen Hunderte von Millionen Jahren, in denen die Anfänge des Lebens liegen, das uns im Cambrium bereits als ein in seiner Art ebenso hoch entwickeltes wie die Kultur von Nippur entgegentritt? Klar ist nur das eine, daß vor dem, was jenseits dieser dämmernden Grenzen gelegen ist, alles zusammenschwindet, was dieselben umschließen.

4. Kapitel.

Über geschichtliche Gesetze.

So kann denn auch die Frage nach geschichtlichen Gesetzen für die Entwicklungswissenschaften insgesamt in einem freieren, weiteren Raume ausgesprochen werden, als wenn wir sie auf die Geschichte der kurzen Zeit beschränken, die für die Völker die geschichtliche ist, und die unmittelbar nützliche Folge ergibt sich, daß wir bei ihrer Beantwortung an der Hand eines äußerst mannigfaltigen und doch grundähnlichen Materials vergleichend verfahren können. Die größten geschichtlichen Gesetze müssen Gesetze der Geschichte des Lebens überhaupt sein. Als das umfassendste ergibt sich dabei die Gemeinsamkeit der Entwicklung, die wir ebensogut aus der Folge der organischen Reste in den Erdschichten als aus der Reihe der Völker und Reiche erkennen, die in einem bestimmten Erdraum einander ablösen, weshalb die vorhin (s. o. S. 38 ff.) geschilderte klassifikatorische Arbeit, die zur Aufstellung eines natürlichen Systems führt, immer die Vorarbeit sein muß, die die Vorgänge der Entwicklung naturmäßig darstellt. Damit wird die Frage beantwortet: Wie war es? die Frage, mit deren Beantwortung die gewöhnliche Erd-, Lebens-, Völker- und Staatengeschichtsschreibung ihre Aufgabe für gelöst hält. Wenn sich nun aber, wie es notwendig ist, daran die Frage: Wie kam es? reiht, erfährt die Untersuchung in jedem Falle eine Teilung in zwei Wege, entsprechend der Zusammensetzung der Entwicklung aus inneren und äußeren Bewegungen. Das ist die Teilung der Geschichtsphilosophie in die Betrachtung der äußeren Einflüsse und die des Inhaltes der herrschenden Ideen oder die Auseinanderlegung der Entwicklungsvorgänge des Lebens in die Wirkungen des Raumes und überhaupt der Umgebung und in innere, unbekannte Entwicklungsrichtungen oder endlich in das

Suchen nach Natur- und nach Vernunftgesetzen in der Geschichte der Menschheit. Werden sie nicht auseinandergehalten, dann entstehen zwischen den beiden jene Verschiebungen und Verwicklungen, die z. B. das alte Problem der natürlichen Einflüsse auf den Gang der Völkergeschichte Jahrhunderte hindurch kaum einen kleinen Fortschritt machen ließen, weil man in den äußeren Umständen die Ursachen innerer Entwicklungsvorgänge suchte. Die Lebewesen, die sich nach dem „Milieu" modeln sollten, die sklavische Abhängigkeit der Völker von ihrer Umwelt, das waren Sackgassen, in die das Forschen über die Lebensentwicklung sich immer wieder verlor, wenn es historischen Gesetzen nachging. Daran sind vor allem die Versuche der Geschichtsphilosophen gescheitert. Auch Hegels Einwurf, daß unter gleichen äußeren Verhältnissen Völker von sehr abweichendem historischen Charakter existieren können, beruht auf dieser Vermischung der natürlichen Einflüsse auf das innere und das äußere Leben der Völker, denn die Wohnsitze dieser Völker sind unter allen Umständen von Einfluß auf ihr Leben, Gedeihen, Macht usw., wenn auch zur Umgestaltung ihres Charakters die Dauer des Aufenthaltes in denselben noch nicht hingereicht hat. Mit Recht hing da schon dem Ausdruck Gesetz etwas Verdächtiges in den Augen der Vertreter der historischen Kritik an, die eben da stehen blieben, wo in den beschreibenden Naturwissenschaften die Systematiker Halt machten. Trotzdem muß man selbst bei Buckle, Draper und Verwandten das Streben nach historischen Gesetzen anerkennen, wenn es auch aus dem angegebenen Grund zu keinem Ergebnis führen konnte, so gut wie heute die ergebnisarmen vordarwinischen Bestrebungen, aus dem Bann der einförmigen Artunterscheidung herauszukommen, von uns gewürdigt werden. Jedenfalls ziehen wir aus Fehlschlägen nicht den Schluß, daß es überhaupt keine historischen Gesetze gebe.

Von den räumlichen Gesetzen der Geschichte ist oben, im 5. Kapitel des I. Teiles gehandelt worden. Ganz anders sind die Schwierigkeiten der Erkenntnis der inneren Entwicklungsvorgänge. Da ich von der Entwicklung überhaupt in einem späteren Abschnitt sprechen möchte, begnüge ich mich, hervorzuheben, daß wir heute nur von einem einzigen allgemeinen inneren Entwicklungsgesetz sprechen dürfen: dem der Variation. Das von Haeckel so genannte biogenetische Grundgesetz ist nicht von allen Biologen als solches angenommen. Wir dürfen wohl sagen, daß überhaupt keine Entwicklungswissenschaft es wagen wird, aus der Vergangenheit die Gesetze für die Zukunft des inneren Entwicklungsvorganges oder Geschichtsverlaufes zu finden. Solches vermögen nur die Wissenschaften der gleichförmig wiederkehrenden Erscheinungen, für die das zwingende Gesetz ebenso bezeichnend ist wie das echte Experiment, das die Naturerscheinung ohne Rest im geraden oder im umgekehrten Verlauf wiederholt. In aller geschichtlichen Entwicklung liegt dagegen in oder über der Abhängigkeit vom Boden das Aufsteigen der Linie in unbekannte Entfernungen und Richtungen. Was wir innere Entwicklungsgesetze in der Geschichte der Erde oder in der Geschichte des Lebens nennen, ist daher immer nur für diese Abhängigkeit oder für ganz nahe gelegene Abschnitte des Entwicklungsganges selbst gültig. Mehr zu wollen, verbietet nicht bloß das große Unbekannte in dem Fortgang der Entwicklung, sondern auch schon die unverhältnismäßige Kleinheit des Abschnittes, den wir zurückblickend überschauen.

5. Kapitel.

Rückblick auf Hutton, Lamarck, von Hoff, Lyell.

Über die Forderung großer Zeiträume für die Geschichte der Erde und ihrer Bewohner ist noch nie eine geschicht-

liche Untersuchung angestellt worden. Das kann man nicht auf die unzureichende Beschäftigung mit der Geschichte der Erdwissenschaften überhaupt schieben. Die Sache ist vielmehr an sich ungewöhnlich schwierig, weil diese Forderung in einer Zeit, wo die Entwicklung der Schöpfung erst geahnt und die mosaische Schöpfungsurkunde wörtlich ausgelegt wurde, nicht bestimmt und offen ausgesprochen werden konnte. Descartes und Leibniz, die beide die Erde einen glühendflüssigen Zustand durchlaufen ließen, konnten das Werden des heutigen Zustandes aus dem ursprünglichen um so weniger in einer kurzen Zeitfrist für möglich halten, als beiden der Gedanke der Entwicklung nicht fern lag. Die Ablehnung der einen großen Sintflut, an deren Stelle schon bei Giordano Bruno vervielfältigte Hebungen und Unterwassersetzungen des Landes eintreten, das von Leibniz angedeutete und von De Maillet gelehrte Hervorgehen alles Lebens aus dem Wasser, die Einsicht in die Abtragung der Länder durch das fließende Wasser und sogar Vermutungen über die Mutation der Organismen bei Leibniz: das alles mußte auf die Zeitforderung hindrängen. Buffon war noch sehr bescheiden, als er 74800 Jahre für die Abkühlung der Erde auf ihre heutige Temperatur von der Loslösung aus der Sonne an verlangte. Wenn dann auch Needham (1769) die Schöpfungstage als Perioden von langer Dauer auslegte, Justi schon unermeßlich lange Zeiträume verlangte, konnten doch solche Annahmen gegenüber der sanktionierten Lehre von der Schöpfung so lange nur schwach und vereinzelt bleiben, als sie sich nicht auf zahlreichere Beobachtungen stützten. Was nützt es, im allgemeinen den Wunsch auszusprechen, nicht „unsere engkreisige Erfahrung zum Maßstab des Vermögens der Natur zu machen“, wie es 1788 ein Anonymus im Teutschen Merkur tat? Hutton, der nach jahrzehntelangen Naturbeobachtungen 1785 zuerst die Zeitforderung auf einen festen Grund von Tatsachen baute, stand allen

solchen Ahnungen und Vermutungen großer Zeiträume genau wie Darwin siebzig Jahre später der organischen Entwicklung gegenüber. Er nahm seinen Ausgang von dem, was er sah: „ich nehme die Dinge, wie ich sie gegenwärtig finde, und schließe aus ihnen, wie es einst gewesen sein muß". Da nun Hutton die Dinge in keinem Zeitalter der Erde anders fand als heute, kam er auf die Einförmigkeit in allem Beobachteten. Genau so hat auch Darwin durch geduldiges Sammeln und Sichten einen höchst schwankenden Boden zum festen Grunde gemacht, auf dem die Wissenschaft weiter bauen konnte. Es ist geschichtlich ganz richtig, schon wenn man an Demokrit denkt, in Hutton den Erneuerer des Gedankens der Erdentwicklung in großen Zeiträumen zu sehen, aber seine Erneuerung war noch viel mehr Befestigung, und in dieser liegt das Fortzeugende seiner Geistestat, während die Ansichten seiner Vorgänger schwankten.

Huttons Auffassung der geologischen Zeit ruhte auf einer ganz eigentümlichen Auffassung der Schöpfung. Die Erde war für ihn ein höchst zweckmäßiges Werk für einen bestimmten Zweck, vergleichbar einem von hoher Weisheit erdachten Mechanismus, beständig in Umgestaltung begriffen, für die es keine Grenzen gibt. „Die Zeit," sagt er, „die jede Vorstellung in uns abmißt, und von der wir für so manchen von unseren Entwürfen zu wenig haben, steht der Natur endlos zur Verfügung, ist für sie wie nichts. Wie könnte sie die beschränken, aus der sie selbst geboren ist? Und da der natürliche Lauf der Zeit, der uns endlos zu sein scheint, durch keinen endlichen Prozeß begrenzt werden kann, kann auch der Fortschritt der Dinge auf dieser Kugel, oder der Lauf der Natur nicht begrenzt sein in einer Zeit, die in einer stetigen Folge fortschreitet." [1])

---

[1]) Theory of the Earth. Erste Ausgabe in den Transactions of the Philosophical Society of Edinburgh 1789. S. 215.

Hutton konnte sich nicht mit dem Gedanken befreunden, daß dieses kunstvolle Werk, unsere Erde, mit der Zeit, wie jedes andere Werk, zerfallen müsse; ihm war die Erde vielmehr mehr wie ein organisches Wesen, in dessen Bau die Kraft lag, den Verfall mit denselben produktiven Kräften wieder gut zu machen, durch die es entstanden ist. Oder vielmehr er wünschte die Erde in diesem Lichte sehen zu können, und das ist eben der Zweck seiner „Theorie der Erde“, zu zeigen, daß in der Erde ein Element der Stetigkeit und Dauer, daß ihre Geschichte eine Aufeinanderfolge von Welten ohne Anfang und ohne Ende ist. In ihrem ewigen Wechsel sieht Hutton einen Plan oder ein System, vergleichbar dem Planetensystem, ein „System of Decay und Renovation in the Earth“, wie er es in seinem Schlußabschnitt nennt. Man sieht nun die Quelle, aus der Hutton seine Äonen schöpft. Wenn er die Höhen der Erde durch Wasser und Wind abgetragen, die Erdteile in das Meer geführt werden, Sand, Kalkteilchen und alles andere Trümmerwerk dieser beständig arbeitenden Abtragung durch Erdwärme verdichtet und verfestigt, endlich diese neuen Länder durch die ausdehnende Kraft der Wärme wieder gehoben werden läßt, so ist es noch nicht eine Sekunde von der Ewigkeit, die er für die Erde, wie für das ganze Planetensystem in Anspruch nimmt. Daher gab es für ihn gar kein Bedenken wegen der Zeitfülle, die seine Theorie beansprucht. Darin und nicht in der Kleinheit der Mittel, die er für die Erdgeschichte in Anspruch nimmt, liegt das Eigentümliche und Fruchtbare seines Gedankens. Scheut er sich doch nicht vor der Voraussetzung erstaunlicher mächtiger Wirkungen der Expansion durch Wärme, er unterscheidet von den geflossenen, an die Luft getretenen Laven unterirdische, die erst später durch Abtragung bloßgelegt werden. Außerdem wirkte er unmittelbar auf das tiefere Studium der Erdschichten und Schuttgesteine, das bisher über den Graniten und anderen „Urmaterien“ des Erdbaues vernachlässigt

worden war, indem er „the gradual production of the present earth, composed from the materials of a former world“ lehrte.

Daraus zog Hutton seine Bestimmung und Auffassung der einzelnen Aufgaben der Erdgeschichte: Die Erde besteht in ihren festen Teilen nach seiner Schätzung zu einem Viertel aus Kalkstein, den Tiere gebildet haben; wenn wir also das Leben dieser Tiere studieren, werden wir einen wichtigen Teil der Bildung der Erde erkennen. Wo wir Kieselsteine in alten Schichten finden, da schließen wir, daß ein früheres Land von Wind und Wasser zersetzt worden ist in derselben Weise, wie wir es jetzt an der Erdoberfläche sehen. Und ebenso stellt uns der Sand, der ebenfalls einen Teil des heutigen Landes bildet, die Aufgabe, die heutige Bildung des Sandes zu studieren. Wir sehen also vor uns in der Vergangenheit einen Boden wie den heutigen, zersetzt und bearbeitet von denselben Kräften wie heute. In bezug auf die kalksteinbildenden Tiere schoß allerdings Hutton, darin Kind einer Zeit, die weder die stratigraphische Geologie noch die Paläontologie kannte, über das Ziel hinaus, wenn er annahm, daß immer ähnliche Tiere (und Pflanzen) gelebt hätten, wie heute. Aber das ändert nichts an der Bedeutsamkeit seines Grundsatzes, daß, „indem wir die gegenwärtigen Vorgänge auf der Erde betrachten, wir die Ursachen in Tätigkeit sehen, die den Grund zu neuen Kontinenten in unergründlichen Meerestiefen legen“; und daß „große Dinge nicht zu verstehen sind, ohne daß man zahlreiche Ursachen erwägt und Zeiträume in Verbindung mit aufeinanderfolgenden Vorgängen bringt“.

Die verderblichen Folgen der Unterschätzung der Dauer der geologischen Zeit setzte er viel klarer als irgend ein Vorgänger auseinander. Besonders wirksam und, soweit ich sehen kann, neu ist sein Hinweis auf die Einseitigkeit unserer Erfahrung über die Veränderungen der

Erdoberfläche, die darin begründet ist, daß wir fast nur von Bildern des Zerfalles und der Zerstörung umgeben sind, während wir von den Neubildungen in den fünf Siebenteln der meeresbedeckten Erde nichts wahrnehmen. Auch ohne die bestimmt ausgesprochene Zeitforderung lag schon in dieser Ablehnung der Katastrophengeologie eine unbewußte Reaktion gegen zeitarme Auffassungen; und zwar nicht weil die allmählichen und örtlichen Veränderungen Zeit brauchten, was ja selbstverständlich ist, sondern weil durch die Zurückdrängung der Katastrophen in eine unbekannte Vorzeit die Zeit für die ruhige Entwicklung, die man geschichtlich nennen könnte, ungeheuer vergrößert werden mußte.

Dabei hatte dieser maßvolle und umsichtige Denker nichts mit der gedankenlosen Verehrung der Zeit als eines wissenschaftlichen Fetischs, wie es Archibald Geikie nennt, gemein. Ausdrücklich warnte er davor, die Zeit als ein allmächtiges Werkzeug zu betrachten, das auch kleinste Erscheinungen zu gewaltiger Wirkung erhebe. Wenn auch die Zeitdauer viel bedeutet in ungemein langsamen Vorgängen, wo unsere Beobachtung gar keine Veränderung sieht, so würde doch die unbegrenzte Zeit nicht wirksamer sein als der Augenblick unserer Beobachtung, wenn es nicht in der Natur der Dinge läge, jene Veränderungen hervorzubringen. Die Schule der Uniformisten ist nicht von Hutton, sondern erst von seinen Nachfolgern Playfair und Lyell ausgegangen.

Huttons Ansichten, die alles umschlossen, was zu einer wahren Theorie der Erde erforderlich ist, und die Einseitigkeiten sowohl der Neptunisten als der Vulkanisten vermieden, sind nur langsam in weitere Kreise gedrungen und nicht ohne manches Mißverständnis hervorzurufen, das ihrer Geltung schadete. Wenn man einmal die Geschichte großer Gedanken in der Wissenschaft schreiben wird, welches Unternehmen, da es unendlich lehrreich und an-

ziehend ausfallen muß, längst hätte unternommen werden sollen, wird man auch das zögernde und gehemmte Fortschreiten der Huttonschen Theorie der Erde schildern. Es sind zum Teil äußere Einflüsse darin wirksam gewesen. Lyell erzählte 1839, wie einmal Leopold von Buch seine Unbekanntschaft mit der Huttonschen Ansicht von der Hebung der Küste von Schweden damit erklärt habe, daß in den Kriegen im Anfang des 19. Jahrhunderts weder Huttons noch Playfairs Schriften auf dem Kontinent zugänglich gewesen seien. So mag es auch zu erklären sein, daß A. von Humboldt Hutton selbst nirgends nennt; nur Playfairs Erläuterung der Huttonschen Theorie führt er einmal, und selbst diese nebensächlich, an.

Es ist aber Tatsache, daß Lyell selbst, als die großen Fortschritte, die die Erdwissenschaft durch Hutton gemacht habe, nur den feurigen Ursprung des Granits und die Umwandlung der Urschiefer durch Hitze nennt. Huttons viel größeres Verdienst, die bestimmte Zeitforderung, hat er nicht voll anerkannt, wiewohl er sie ganz in seine Lehre aufgenommen hat. Lyell ist deswegen mit vollem Recht in England angegriffen worden, und seine Verteidigung in einem Briefe an Fitton[1]) kann ihn nicht ganz rechtfertigen. Im Grunde sind seine berühmten „Principles of Geology“ doch nur eine Anwendung der Huttonschen Ideen.

Damit soll keineswegs behauptet werden, daß sie etwa nur ein Abklatsch oder eine Verwässerung des Originals seien. Lyells Erfolge beruhen allerdings zum Teile darin, daß er die Ideen Huttons schärfer ausprägte, sozusagen Scheidemünze daraus machte. Seine Forderung „Gewöhnliche Kräfte und viel Zeit“ wirkte schlagwortartig. Die Erkenntnis, daß die Schwierigkeit, die die Menschen haben,

---

[1]) Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell, London 1881, II S. 47 u. f.

die gesammelten Wirkungen der Ursachen zu erfassen, die durch Millionen Jahre gewirkt haben, als Quelle des Irrtums in der Geologie alle anderen übertrifft, und doch „the most unphilosophical of all“ ist, verlieh ihm und seinen Freunden, unter denen Leute wie Hooker und Darwin waren, die Kraft der Propaganda. Aber Lyell war ein unermüdlicher Beobachter und Sammler von Tatsachen, und daher haben viele Abschnitte seiner „Prinzipien“ und seiner „Elemente“ den Wert von Originalarbeiten. Besonders gegenüber der stärksten Festung der Katastrophisten, dem Vulkanismus, brauchte er sich nicht im allgemeinen zu bewegen, sondern kämpfte mit besseren Beobachtungen gegen schlechtere. Es hat seiner Sache viel gedient, daß er überhaupt nicht in erster Linie Mann der Theorie, sondern der Beobachtung war; und sein Uniformitarianismus, wie er ihn selbst nennt, galt ihm selbst nur als eine gute, vorläufige Erklärung.

Die Beschränkung, die Lyell der Wissenschaft von der Erde auferlegte, indem er den Grundsatz aussprach, daß Geologie nichts mit Kosmogonie zu tun habe,[1]) steht in einem schreienden Widerspruch zu seinen Zeitforderungen. Denn wo können wir die Erfahrung dieser gewaltigen Zeiträume machen als in unserer kosmischen Umwelt? Hier liegt mitten in dem Streben nach großen Zeiträumen der Wunsch nach einem engen Horizont. Man kann aber nicht die Geschichte der Erde nach Hunderten von Jahrmillionen messen und zugleich den Blick gegen die Vorgänge in der Umwelt der Erde verschließen. Sollas hat diese künstliche Loslösung der Erdgeschichte vom Weltall als eine ‚Verstümmelung bezeichnet, und man wird ihm darin recht geben müssen, wenn man auch die heilsamen Folgen anerkennt, die nach

[1]) Schon im ersten Abschnitt der Einleitung zu den Principles 1830, I S. 4, wo er die Kosmogonie übertriebenerweise mit der Geschichte der Menschheit und der Schöpfung des Menschen vergleicht.

so vielen kosmogonischen Ausschweifungen eine so konsequente Selbstbeschränkung haben mußte. Aber es liegt doch darin ein Mißverständnis des Huttonschen Satzes, daß die Geologie nichts mit dem Ursprung der Dinge, sondern nur mit ihren Veränderungen zu tun habe. Playfair, der in einem besonderen Abschnitt nachweisen will, daß wir im Weltall überhaupt keine Zeichen des Alters und des Entstehens und Vergehens sehen, womit er die Entwicklung leugnen würde, ist darin in falscher Richtung über seinen Meister hinaus. Wohl hat nicht erst dieser Schüler und Ausleger Huttons die Geschichte der Erde mit der des Planetensystems in Verbindung gesetzt, sondern, wie wir sahen, hat Hutton selbst schon ähnliches angedeutet. Um indessen Hutton darin zu verstehen, muß man sich an zweierlei erinnern; einmal an die Zurückhaltung, die ihm wie allen, die über die Geschichte der Erde damals sprachen, die allgemein geltende wörtliche Auslegung der mosaischen Schöpfungsurkunde aufzwang. An den entscheidenden Stellen hat seine Sprache etwas Zurückhaltendes, Verschleiertes, gerade wie die Leibniz's in ähnlichen Fällen. Ich finde daher auch Archibald Geikies Darstellung der Huttonschen Ansichten in der Einführungsrede an die geologische Sektion der britischen Naturforscherversammlung von 1899 in Dover nicht ganz billig, wie sie denn überhaupt Huttons Denken einseitiger erscheinen läßt, als es in Wirklichkeit war. Wenn Hutton ausdrücklich erklärte, er finde bei seiner Prüfung der Tatsachen der Erdgeschichte keinen Anfang und kein Ende, so ist das eben nicht bloß der Ausdruck des Fragmentarischen, das diesen Tatsachen eigen ist und sein muß, sondern auch die stille Ablehnung des Eingriffs fremder Schöpfungsmächte in die Geschichte unserer Erde. So wie man in Huttons Aussprache nicht die Freiheit und Rücksichtslosigkeit eines Gelehrten aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erwarten darf, kann man bei ihm und seinen

Nachfolgern auch nicht die räumliche Weite des Blickes erwarten, die ihrer großen Zeitauffassung entsprechen mußte; daher die Unvollkommenheit in ihrer Auffassung der Erde als eines gegen kosmische Wirkungen isolierten Körpers. Auf dieser ungenügenden Grundlage entstand dann allerdings die unzulängliche Hypothese des Uniformismus, deren Wirkungen wir bis in die Gegenwart hinein, z. B. in der Abneigung gegen jede Erklärung der Eiszeit fühlen, die kosmische Einflüsse zu Hilfe ruft. Das ist nicht bloß der Rückschlag gegen die Übertreibung, die die Erdpole um ganze Reihen von Graden schwanken ließ, bloß um dem 80.° n. Br. das Klima des 40. zu geben; sondern es liegt darin die Ungewohntheit der Vorstellung von einer mit ihrer kosmischen Umwelt ein wechselwirkendes Ganze bildenden Erde.

Wenn auch Huttons Erdansicht sich bewußt gegen die überlieferten Lehren erhob, die die Geschichte der Erde „in einer dem Walten der Naturgesetze vorhergehenden Zeit“[1]) beginnen ließen, blieb doch allerdings ein anthropozentrischer Rest darin, den Huttons Schüler und Ausleger, Playfair, vielleicht allzu deutlich zeigt, wenn er es als einen Vorzug der Huttonschen Theorie der Erde rühmte, daß sie keine Abkühlung der Erde bis zur Zerstörung alles Lebens kenne, daß in ihr alle Bewegungen so vollkommen sind, daß sie nicht von selbst aufhören können. „Das ist sicherlich eine Ansicht von der Welt, die der Würde der Natur und der Weisheit ihres Schöpfers angemessener ist als jedes andere bisherige System der Kosmologie.“[2])

Unter den jüngeren englischen Geologen hatte schon früher C. Lapworth in seinem Einleitungsvortrag zu den Sitzungen der geologischen Sektion der Britischen Asso-

[1]) Playfair, Illustrations of the Huttonian Theory I S. 473.
[2]) Ebenda I S. 475.

ziation zu Edinburgh 1892 [1]) das Verdienst Huttons klarer und eindringlicher dargestellt, indem er die Zeitforderung als den Kern desselben erkannte und mit Recht Hutton an den Anfang der wissenschaftlichen Entwicklungslehre überhaupt stellte. „Die Lehre von der Entwicklung des Lebens hätte ein metaphysischer Traum bleiben müssen, wenn nicht die Geologie die Zeit geboten hätte, in der die Entwicklung sich vollzog.“ Aber wenn Lapworth in seiner Übersicht der Entfaltung der Geologie als Wissenschaft von Werner zu Hutton und von diesem über William Smith zu Lyell schreitet, von dem er sagt: Lyell schloß den Ring, indem er von Stufe zu Stufe die Fähigkeit gegenwärtiger natürlicher Vorgänge bewies, alles das zu leisten, was für die Abtragung und den Aufbau der Formationen erforderlich ist, so durfte v. Hoff nicht übergangen werden.

Es wird wohl niemals Licht darüber zu verbreiten sein, ob die Grundgedanken der Huttonschen Theorie auf dem Kontinent selbständig emporkeimten, oder ob ihre Träger nur Verbreiter waren. Jedenfalls sind sie hier acht Jahre vor dem Erscheinen der Lyellschen Prinzipien (1830) in einer Form ausgesprochen worden, die unter allen Umständen weit mehr als eine Wiederholung wäre und uns mindestens warnen sollte, Lyell als den eigentlichen Propheten der geologischen Reformen zu feiern. Mitten in der Hochflut der Katastrophenlehre die Bedeutung der kleinen Veränderungen der Erdoberfläche verkündet zu haben, ist ein unsterbliches Verdienst, das vollständig dem Gothaischen Gelehrten Karl Ernst Adolf v. Hoff zukommt, der schon 1822 den ersten Band einer großen „Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche“ veröffentlichte, die ganz

---

[1]) Report of the 69th Meeting of the British Association for the Advancement of Science 1899 S. 718.

dem Studium der kleinen, unter unseren Augen vor sich gehenden Veränderungen gewidmet ist, aus deren Summierung die großen erdgeschichtlichen Effekte entstehen. Er widmet in der Einleitung einige Seiten dem Nachweis, daß für die Bildung allein der uns zugänglichen Erdrinde Zeiträume erforderlich waren, mit deren Umfang vier- bis fünftausend Jahre gar keinen Vergleich aushalten. Indem er die Kleinheit dieser geschichtlich nachweisbaren Veränderungen verglich mit der Größe der Wirkungen, die unbedingt nur auf heute noch an der Erde wirkende Kräfte zurückgeführt werden können, mußte er notwendig dazu kommen, jene kleinen Wirkungen mit großen Zeiträumen zu vervielfältigen. „Wenn in die Augen fällt, daß ein Jahrhundert nicht hinreicht, um eine Lage Kalkstein von der Dicke eines Fußes zu bilden, in welcher die Überbleibsel mehrerer Generationen von Muscheln in feste kristallinische Gesteinsmassen verwandelt begraben liegen; wenn man Berge von der Höhe mehrerer Tausende von Fußen mit diesen Trümmern organischer Geschöpfe, ehemaliger Bewohner der Meere, angefüllt findet; wenn man die Oberfläche des Meeres jetzt Hunderte von Klaftern unter dem Fuße dieser mit seinen Erzeugnissen angefüllten Niederlagen wogen sieht; dann wird man keinen Zweifel an der Größe der Zeiträume aufkommen lassen, welche zur Hervorbringung dieser und der mehresten geologischen Erscheinungen notwendig waren.“ Mit vollem Beifall zitiert er den Satz von Johannes v. Müller: „Das menschliche Geschlecht ist von gestern und öffnet kaum heute seine Augen der Betrachtung des Laufes der Natur.“ Es war ihm bei aller Bescheidenheit doch vollkommen klar, daß es für die Geologie schon jetzt als ein Gewinn erscheine, „wenn nur das Resultat als gewiß dastehe, daß die Ausbildung der jetzigen Gestalt der Erdoberfläche sowohl im ganzen, als selbst im einzelnen Teile große Zeiträume erfordert habe“.

Wer das Vorwort zu dem zehn Jahre später erschienenen 3. Bande des v. Hoffschen Werkes liest, worin er der Förderung durch die seitherigen geologischen Arbeiten und besonders durch Lyells Prinzipien gedenkt, wird keinen Zweifel hegen, daß v. Hoff ganz unabhängig diese Gedanken gefunden und begründet hat. Wenn er nicht so unmittelbar aus der Natur selbst schöpfte, wie Hutton und Lyell, sondern mehr durch Gelehrsamkeit glänzt, so stehen darum seine Grundgedanken nicht minder in Übereinstimmung mit der Natur. Man lese seine Zurückweisung der Ansicht A. v. Humboldts[1]) über die Unfähigkeit der Flüsse, Täler in kristallinischen Gesteinen auszuhöhlen; darin spricht sich eine sehr klare und scharfe Beobachtung der Natur der Flüsse aus. Zittel hat v. Hoff seinen richtigen Platz in der Geschichte der Zeitforderung für die Erdgeschichte für immer angewiesen.[2]) Doch möchte ich den Ausdruck vom dritten Bande des großen v. Hoffschen Werkes wegwünschen, daß sich darin sein Verfasser rückhaltlos auf den Standpunkt des großen britischen Forschers stelle. Wahrt doch ausdrücklich, wenn auch mit echt deutscher Bescheidenheit, v. Hoff seine Priorität und gesteht eben deshalb das Erscheinen der Lyellschen Prinzipien freudig begrüßt zu haben, weil er in Lyell einen der Verteidiger sieht, die in den letzten zwölf Jahren seinen Ansichten erwachsen waren. In seinen Grundanschauungen konnte ihn Lyells Buch nicht fördern, nur bestärken. Und außerdem, wie es so oft die Wirkung der Engländer und Franzosen im deutschen Geistesleben gewesen ist, halfen die bestimmten Formulierungen Lyells v. Hoff seinen eigenen Gedanken eine schärfere Prägung zu geben. Wie klar indessen schon vorher v. Hoff sah und urteilte, möchte ich

[1]) Bd. 1 (1822) S. 217.

[2]) K. A. v. Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrh. 1898 S. 285 f.

noch mit einem Zitat aus seinem ersten Bande [1]) belegen, wo er von der Abtragung und Anschwemmung durch Flüsse spricht: „Diese Wirkungen gehen in die älteste, von keiner menschlichen Tradition erreichbare Geschichte des Erdballs zurück; sie müssen von dem Augenblicke an eingetreten sein, da sich Unebenheiten und Niederschlag atmosphärischer Flüssigkeiten auf dem Erdball fanden. Sie haben wahrscheinlich während mancher auf die Gebirgsbildung noch außerdem wirksam gewesenen Veränderungen und Revolutionen, wie Flözbildung und dergl., immer fortgedauert, und sie dauern noch unter den Augen des Menschengeschlechts fort. In dieser letzteren Hinsicht sind sie ein Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.“ v. Hoff ist keiner von den unselbständigen Nachfolgern, aus deren Hunderten sich der Kometenschweif großer Sterne der Wissenschaft zusammensetzt. Die Idee seines großen Werkes ist von ihm selbständig geschöpft; auch wenn wir von dem absehen, was in der Richtung der Anwendung der Gedanken liegt, die vorher Hutton vertreten hatte.

Während Hutton seine Gedanken über die Stetigkeit im Wechsel der Erdgeschichte formte, dämmerte schon dieselbe Auffassung in den Geistern der Erforscher der Geschichte des Lebens. Wieweit Hutton selbst sie hegte, wissen wir nicht; sein Schüler Playfair sagt bereits: So wie alle anderen Teile der Erde, sind auch ihre Bewohner dem Wechsel unterworfen. Nicht bloß das Individuum stirbt, auch die Arten, und vielleicht sogar die Gattungen erlöschen ... Ein Wechsel im Tierreich scheint zur Ordnung der Natur zu gehören.[2]) Aber solche Gedanken waren schon damals nicht mehr Eigentum eines einzelnen, seitdem selbst Leibniz Mutationen der Lebe-

---

[1]) I (1822) S. 217.

[2]) Illustrations of the Huttonian Theory § 413. (Zuerst veröffentlicht 1802). Works 1822. I. S. 459.

wesen angedeutet, Goethe die Metamorphose der Pflanzen und Tiere erkannt und Oken von der Entwicklung des Lebens aus dem Wasser zum Land und zur Luft gesprochen hatte. Indessen kam es auch hier nicht auf die Äußerung kühner Gedanken, sondern auf ihre Begründung und Anwendung an.

Das hat für die Biologie Lamarck nach schon sehr deutlichen Anläufen 20 Jahre[1]) nach dem Erscheinen der Theorie der Erde geleistet. Mit derselben Kraft wie Hutton, aber nach einer ganz anderen Methode, begründet er (zwei Bände, 1809) in der Philosophie zoologique ou exposition des considérations relatives à l'histoire relative des animaux die Forderung der großen Zeiträume. Er setzte der üblichen Tierkunde, die die Unterschiede der Arten bestimmt und beschreibt, das Streben nach Erkenntis ihres Ursprungs und ihres Fortschrittes von niederen zu höheren Formen entgegen. Progression ist bei ihm ein großes Wort, aber wir lesen bei Lamarck auch schon von der Mutation und Variation der Organe, und im Bewußtsein der Unzulänglichkeit der reinen Systematik möchte er die Zoologie vor allem zum Studium der Geschichte der Tierwelt hinführen. Was er „parties de l'art" nennt, das Handwerksmäßige oder Künstliche der Systematik und Nomenklatur, setzt er dem „intérêt philosophique" an der Natur gegenüber und wird nicht müde, zu warnen, die willkürlichen Kategorien mit der Tätigkeit und den Gesetzen der Natur zu vermischen. Die Widerlegung der Ansicht, daß die Arten so alt wie die Natur selbst seien, ist ihm aber nicht bloß eine Sache von botanischem und zoologischem Interesse, sondern er erkennt klar ihre Bedeutung für die Geschichte der Erde, mit der sie ihm eng verbunden ist. Alle Arten sind ihm mit Hilfe hinreichender Zeit, günstiger äußerer Umstände und besonders der Veränderungen, die die Erd-

[1]) [Die erste Ausgabe der Theory of the earth erschien 1789; s. S. 71.]

oberfläche im Laufe der Zeiten erfahren hat, unmerklich langsam entstanden. Als in einem offiziellen Bericht über die von der egyptischen Expedition mitgebrachten Sammlungen besonderer Wert auf die Zeugnisse für die Unveränderlichkeit der egyptischen Tierwelt in einem Zeitraum von 2—3000 Jahren gelegt wurde, schloß Lamarck seine Antwort mit den Worten: „Jeder Mensch, der gewöhnt ist, zu denken, und der beobachtet, was uns die Natur an Denkmälern ihres Alters zeigt, wird leicht begreifen, welchen Wert eine Zeit von 2—3000 Jahren für sie hat.“ Nur wer den Maßstab seiner Erfahrung an die Natur anlegt, nehme den Anschein der Stabilität in der Natur für Wirklichkeit und sehe in den Ruhezuständen zwischen den Mutationen unbegrenzt stationäre Zustände. Aber die Größen des Raumes und der Zeit sind relativ, und wer die unmerklichen Veränderungen der Lebewesen verstehen will, muß über die allzu kurzen Zeiträume der eigenen Erfahrung hinausblicken.

Lamarcks unmittelbare Wirkungen sind anerkanntermaßen gering gewesen. Auch die, die innerlich mit ihm übereinstimmen mochten, hielten doch an der unveränderlichen Art noch einstweilen fest, weil sie glaubten, ihrer für den Fortschritt der Naturwissenschaften zu bedürfen. Wenn wir einem späteren Bericht glauben sollen, hätte selbst Cuvier zugegeben, daß die Arten keine Wirklichkeit seien, aber die Wissenschaft könne nicht fortschreiten ohne die Annahme, daß sie es seien.[1]) Die beiden Geoffroy-St. Hilaire, deren Streit mit Cuvier Goethe so tief bewegte, vertraten ähnliche Anschauungen wie Lamarck; wenn sie dem Wechsel der Lebensbedingungen mehr Wirkung zuschrieben als den inneren Variationskräften, so liegt darin doch nur eine Variante. Aber nach außen hin hielt

[1]) Lyell in Life, Letters an Journals 1881 II S. 365, wo er sich auf das Zeugnis von Constantin Prevost stützt.

Cuvier an dem festen Artbegriff ungefähr in der Auffassung fest, die noch vor wenigen Jahren Quatrefages in die Worte gefaßt hat: „Die Art ist ein unauflösliches Ganze, vergleichbar den Elementen der Chemie“,[1] und Agassiz machte mit großem Erfolge dafür Schule. Die Auffassung, daß die Arten nur Entwicklungsphasen oder Richtpunkte der Entwicklung seien, blieb trotz dem verdienstvollen Bronn u. a. ein schwaches Reis neben dem mächtigen Baum der Geologie aus Huttonschem Keim.

Erst als Darwin 1859 sein berühmtes Buch hatte erscheinen lassen, wurde auch in der Biologie die Zeitforderung zu einer starken Verbündeten der Entwicklungslehre, wo sie nun freilich ein leichtes Spiel hatte, da sie einfach nur aus den gewaltigen Quellen zu schöpfen brauchte, die die Geologen gefaßt hatten. Es ist insofern bedeutungsvoll, daß Darwin aus dem Kreise Lyells hervorgegangen ist. In Geologie ist Darwin geradezu Schüler und wurde später unbedingter Anhänger Lyells; der erste, 1831 erschienene Band der „Principles of Geology“ begleitete ihn auf seiner Weltreise, und er erkannte bald, wie überlegen die Methode Lyells der aller anderen Geologen war, deren Werke er kannte. Ohne sein eigenes Urteil in Sonderfragen aufzugeben, hat sich Darwin eng an Lyell angeschlossen, der endlich auf die Entwicklung aller seiner Anschauungen Einfluß gewann.

Die Zuchtwahl setzt die Zeitfülle voraus. Die langsame Arbeit gegenwärtiger Ursachen in der Umgestaltung der Arten bedeutet die Anwendung der geologischen Zeiträume auf die Geschichte des Lebens. Darwin konnte die Entwicklungslehre des Lebens so kräftig fördern, weil er vorher die Schule der geologischen Entwicklungslehre durchgemacht hatte. Darwin selbst hat sich von der Zeitdauer des Lebens eine gewaltig große Vorstellung gemacht.

---

[1]) Les Émules de Darwin 1894 II S. 288.

Nicht bloß nahm er ein Hervorgehen der Arten aus ganz kleinen Unterschieden an, sondern er war auch bereit, eine viel langsamere Entwicklung anzunehmen in „frühen Zeiten der Erdgeschichte, wo die Lebensformen wahrscheinlich noch viel einfacher und minder zahlreich waren; und als es zur Zeit der ersten Morgenröte des organischen Lebens wahrscheinlich nur sehr wenig Organismen von dieser einfachsten Bildung gab, mag deren Wechsel im äußersten Maße langsam gewesen sein".[1]) Es mag wohl sein, daß gerade die Abneigung gegen die Bewilligung so gewaltiger Anforderungen eine Reaktion gegen zeitreiche Auffassungen überhaupt zeitigte, denn alle die, welchen aus anderen Gründen Darwins Herleitung der Artbildung aus höchst langsamen Abweichungen nicht gefiel, verweigerten ihm die gewaltigen Zeiträume, die er dafür verlangte. Auch in dem Versuche Moritz Wagners, durch die Wanderung und Sonderung den Prozeß der Artbildung zu verkürzen, sehe ich mit Bedauern ein Zugeständnis an die zeitarmen Auffassungen. A. R. Wallace steht in dieser Beziehung ebenfalls unter Darwin. Das ist ja ein Gesetz der Geschichte der Ideen, daß man ihren Fortschritt lieber von der Seite als in der Front hemmt; daher die Vorliebe ihrer Bekämpfer für Angriffe auf Dinge, die mit der Hauptsache nur mehr oder weniger zusammenhängen. Da aber in diesem Kampf die Biologie sich auf die Geologie stützen konnte, die dieselbe Forderung schon durchgesetzt hatte, hat die prinzipielle Ablehnung ihrer Zeitforderung keine entscheidende Bedeutung mehr gewonnen. Wohl aber hat diese Forderung praktisch mit so manchem Rückschlag zu kämpfen gehabt, und in ihrer unbedingten Notwendigkeit erkannt ist sie selbst noch heute nicht überall.

[1]) Entstehung der Arten. D. A. 1860. S. 492.

6. Kapitel.

Reste und Spuren zeitarmer Anschauungen.

Noch ist die Zeitarmut der Geologie der Katastrophen und der Biologie der Schöpfungen nicht ganz überwunden. Nicht einmal den Geologen ist die Hutton-v. Hoff-Lyellsche Lehre ganz in Fleisch und Blut übergegangen. Noch immer sind ihre Folgerungen nicht voll ausgezogen. Zwar sagt der Historiker der Geologie: Heute gilt der Grundsatz, in den noch gegenwärtig wirkenden Kräften den Schlüssel zu den Vorgängen in den früheren Erdperioden zu suchen, als unerschütterliche Basis der ganzen modernen geologischen Forschung,[1]) aber das einzige Wort „Erstarrungskruste der Erde“, dem wir in klassischen Hand- und Lehrbüchern begegnen, enthüllt uns eine Kürze der erdgeschichtlichen Perspektive, die der der Katastrophengeologen im Grund ganz ähnlich ist. Ich habe an einer anderen Stelle[2]) Belege dafür angeführt, denen freilich auch einzelne Stimmen gegenübergestellt werden könnten, die sich gegen die Vorstellung wenden, als ob die ältesten fossilführenden Schichten direkt auf die kaum kalt gewordene „Erstarrungskruste“ des Planeten niedergeschlagen worden seien, so z. B. Geikies: „Noch niemals hat die Geologie eine Spur der ersten Erstarrungskruste der Erde aufgedeckt, noch ist es wahrscheinlich, daß es ihr jemals gelingt.“[3]) Aber von dieser heilsamen Überzeugung sind jene noch immer nicht durchdrungen, die von der heute geflossenen Lava sagen, sie könne uns eine Vorstellung von der Erstarrungskruste der Erde geben, und die in den

[1]) Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts 1899 S. 298.

[2]) Die Kant-Laplacesche Hypothese und die Geographie. Geogr. Mitteilungen 1901 S. 217 u. f.

[3]) Artikel Geology in British Encyclopaedia.

großen aus Granit und anderen krystallinischen Gesteinen bis zur Oberfläche aufgebauten Gebirgen, Hügel- und Flachländern Denkmäler einer wasserlosen und eben deshalb lebenslosen Zeit sehen. Wo auf solchen Gesteinen geschichtete Gesteine lagern, die augenscheinlich aus Wasser abgesetzt sind, bezeichnen ihnen jene den Boden des Urmeeres, der aus dem Feuerflusse kristallisiert ist, und diese die erste Ankunft des Wassers, das sich in rätselhafter Weise darüber ausbreitete. Das ebenso große Rätsel, daß nach dieser Auffassung zwischen dem erstarrten Boden und den darüber gelagerten Schichten kein Übergangsgebilde vorkommt, das Zeugnis von der allmählichen Bildung des flüssigen Wassers gäbe, wird gewöhnlich übergangen. Das Wasser, das noch nicht da war, als dieser Granitboden entstand, ist nun plötzlich in solchen Massen da, daß es mächtige Sedimente bildet. Von dem daran sich anschließenden Rätsel der Urzeugung der ersten Organismen aus diesem Wasser möchte ich nicht weiter reden. Es genügt, angedeutet zu haben, daß mit dieser Erstarrungskruste nichts erklärt, sondern Rätsel auf Rätsel gehäuft wird. Wenn man glaubt, nach der anderen, der kosmologischen Seite hin, mit dieser Vorstellung der sogen. Kant-Laplaceschen Hypothese genug zu tun, so darf wohl darauf hingewiesen werden, daß gerade diese Hypothese wohl einen viel zu kleinen Abstand von ihrem Gegenstand nimmt, wodurch ihre Perspektive wahrscheinlich von vornherein zu kurz wird. In eine zeitreiche Auffassung will sie uns durchaus nicht hineinpassen. Sie bindet die heutige Erde unmittelbar an die planetarische Urgeschichte, die sie als ein einmaliges Ereignis auffaßt; damit setzt sie sich von vornherein in Widerspruch mit der Notwendigkeit der ununterbrochenen Entwicklung unter Bildung und Rückbildung. Die seit dem angeblich erstmaligen Entstehen eingetretenen Veränderungen berücksichtigt sie nicht, weil für sie die Erde wesentlich fertig ist von dem Moment, wo das Stück

Magma, das Erde werden sollte, sich aus der für das ganze Sonnensystem bestimmten Grundmasse losgelöst hatte. Sie glaubt, diese Urerde sei in Masse und Zusammensetzung von da an dieselbe geblieben, sie sei einfach nur kühler und starrer geworden. Diese ungestörte Entwicklung trägt weder dem stofferfüllten Weltraum, noch der Bewegung des Sonnensystems durch diesen Weltraum Rechnung. Je mehr wir uns bemühen, wie es notwendig ist, diese Entwicklung in einer kolossalen Zeitferne zu betrachten, desto unwahrscheinlicher erscheint uns die Kant-Laplacesche Hypothese mit ihren aus einem gegebenen Anfangsstadium geradlinig ausstrahlenden Entwicklungen. Was berechtigt uns, für das Sonnensystem gerade die Entwicklung vorauszusetzen? Ist doch für uns, die wir so viele Sonnensysteme kennen, das unsere nur eine kleine individuelle Abart neben vielen anderen, unter denen man auch die zwei- und dreisternigen nicht unbeachtet lassen darf. — Für die weitere Verwertung der unter jener Erstarrungskruste wogenden Feuerfluten nur ein Beispiel: Angesichts der Brandungs-Abrasion und der Lösablagerung in Nordchina fragt Futterer,[1]) ob nicht „durch die großen Massenverschiebungen, welche die Abrasion durch die Entfernung ganzer Gebirge und die Transgression, sowie überhaupt die marine Sedimentation durch erneute Ablagerung ebenso großer Massen an anderen Stellen hervorbringt, Schwerpunktsveränderungen in der Erde, Bewegungen des feuerflüssigen Erdkerns und dadurch jene Axenverschiebungen und Polwanderungen erzeugt werden, die ihrerseits dann zu den Klimaänderungen, welche die äolischen Aufschüttungen zur Folge haben, im Verhältnis von Ursache und Wirkung stehen." Er setzt, von der Wichtigkeit dieser Phantasie überzeugt, hinzu: So führt der exakte

[1]) Neuere Forschungen in Zentralasien und China. Erg.-Heft 119 der Geographischen Mitteilungen 1896 S. 53.

Weg der geologischen Erforschung eines Gebietes durch naheliegende Zusammenhänge bis in jene Weiten, in denen sich alle Wissenschaften begegnen und zu gemeinsamer Arbeit die Hand reichen: die scheinbar unzusammenhängenden Erscheinungen finden gemeinsame Wurzeln.

Die Neigung zum Gebrauch scheinbar großer, plötzlich wirkender Mittel für Wirkungen, denen sie nicht gewachsen sind, oder wie v. Hoff in der Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche[1]) sagt, „zu einem ungeheueren Zweck ohnmächtige Mittel in Bewegung zu setzen", ist so weit verbreitet, daß die platonische Atlantissage, die in einer schweren Sturmnacht das Land Atlantis in die Fluten sinken läßt, ihr Leben bis an die Schwelle unserer Zeit fristen konnte. Alte und neue Gelehrte haben diese Sage aus der Wissenschaft verwiesen, aber dieselbe Wissenschaft kam darauf zurück, sobald sie durch ein großes Maß neuer Tatsachen, deren Erklärung Schwierigkeiten machte, sich angeregt fand, die Phantasie freier walten zu lassen. Ein interessanter Beweis nebenbei für die Armut des Ideenschatzes, aus dem die Menschen schöpfen. Die Geologie der großen Katastrophen schlug mit Leichtigkeit Erdteile in Trümmer und entwurzelte Meere. Auch dem großen Pallas machte es keine Mühe, das Mittelmeer als einen Fluß aufzufassen, dessen Bett der einbrechende Ozean zum Meeresbecken erweiterte. Alexander v. Humboldt ließ, umgekehrt, das aufgestaute Mittelmeer durch die Landenge brechen, aus der nun die Straße von Gibraltar ward. Die Entwicklung der Biogeographie und der Anthropogeographie warfen Fragen der Lebensverbreitung auf, die in vielen Fällen nicht anders als durch eine vollständige Umwandlung der Erdoberfläche beantwortet werden zu können schienen. Heers Atlantis, Sclaters Lemuria — diese doppelt bereit-

[1]) Journal de Physique, T. L III S. 34.

willig aufgenommen, weil nach ihr ohne jeden stichhaltigen Grund auch die Heimat des nach Zeit, Ort und Art völlig unbekannten Urmenschen verlegt wurde — sind Denkmäler dieser Neigung, die genau in demselben Sinne wie früher die Erdumwälzungen der Geologie verderblich wirkte, indem sie nämlich große Kräfte von einer stets bereiten Art von Allwirksamkeit zur Verfügung stellte. Wenn also z. B. Broca erklärte, die Malayopolynesier bewohnen ihre Inseln als Reste eines großen Volkes, die beim Untergang eines pazifischen Festlandes sich auf die Berge gerettet haben, so schloß diese Erklärung, die fast so einfach wie die Sintflut ist, jede weitere Untersuchung über die Wanderungen dieser Völker und Völkchen aus und machte überhaupt das Kapitel von Verbreitung der Völker durch Wanderungen überflüssig. Wir haben oben S. 48 auf einen Fall hingewiesen, wo die verfrühte Annahme eines gemeinsamen antarktischen Ausstrahlungsgebietes südhemisphärischer Vogelformen die gründliche Erforschung der Verwandtschaft dieser Tiere unnötig erscheinen ließ. Man hatte angenommen, sie seien nahe verwandt, und um diese Verwandtschaft zu erklären, hatte man den hypothetischen antarktischen Ursprung vorausgesetzt; jene Verwandtschaft besteht aber nicht, und so ist der antarktische Kontinent nicht bloß nicht zu beweisen, sondern für diesen Fall überhaupt nicht nötig.

In der entgegengesetzten Richtung hat sich aus derselben kurzzeitigen Auffassung heraus eine von Dana zuerst aufgestellte Hypothese entwickelt, die im Rückschlag gegen das Spielen mit auftauchenden und versinkenden Festländern entstanden ist, wahrscheinlich aber von der Wahrheit sich ebenso weit entfernt. Ich meine die Dana-Carpentersche Lehre von der Persistenz der Festländer und Meeresbecken, die in Verbindung mit einer ganzen Reihe von Nebenhypothesen eine Anschauung von der Entwicklung der Erdoberfläche darstellt, welche sich durch

ihre Einfachheit und Klarheit empfiehlt. Hier ist der Ausgangspunkt der scheinbar große Unterschied zwischen der mittleren Höhe des Landes und der mittleren Tiefe des Meeres. In der Tat liegen beide so weit auseinander, daß die Hebung des Meeresbodens bis über den Meeresspiegel eine fünfmal größere senkrechte Entfernung zu überwinden hätte, als die Senkung des Landes unter den Meeresspiegel. Der Unterschied zwischen der mittleren Höhe des Landes und der mittleren Tiefe des Meeres beträgt gegen 3000 m. Das ist $^{1}/_{2120}$ des Erdhalbmessers. Ist es in der Tat dieser kleine Ausschlag, der eine so große Hypothese rechtfertigt? Mit der Lehre von der Permanenz der ozeanischen Becken eng verbunden ist die, daß die Tiefsee stets die beständigsten Verbreitungsgebiete hatte und noch hat, was biogeographisch gar nicht zu beweisen ist.

Die Theorie der Artbildung durch natürliche Auswahl hat sich zwar nicht gescheut, tiefe Griffe in das Füllhorn der Zeit zu tun, aber in der Annahme schützender Wirkungen kleiner Anfänge von Variation im Kampf ums Dasein liegt doch auch eine zeitarme Auffassung. Mit vollem Recht hat ein Laie in zoologischen Dingen der Weismannschen Behauptung, daß „schon der erste Anfang einer Streifung nützlich gewesen sein müsse, da er die große auffällige Fläche des Raupenkörpers in mehrere Stücke zerlegte und dadurch weniger auffallend machte“, die Frage entgegengeworfen: Nennt man das im Kreise gewissenhafter Naturforscher, die mit unendlich langen Zeiträumen und mit unendlich kleinen Änderungen rechnen, ein Anfangsstadium? Durch die Reihe der Jahrtausende, die nötig waren, um aus einer leichten Änderung in der Verteilung des Farbstoffes in der Haut einer Raupe eine sichtliche, sogar auffallende und daher schützende zu machen, konnte nur eine innere Entwicklungstendenz eine so schwache Bildung erst erhalten, dann stärken; und der Schutz, den sie etwa gewährte, trat erst lange nachher in Wirksamkeit.

Je höher wir uns über unseren gewöhnlichen Horizont erheben, um so schwerer finden wir es, in der gewöhnlichen Sprache den treffenden Ausdruck unserer erweiterten und vertieften Begriffe zu finden; wir greifen zu Bildern, in deren Natur es liegt, daß sie zusammendrängen oder abkürzen. Die wissenschaftliche Bildersprache, die gerade in der Zeit Werners und v. Buchs und besonders von den deutschen Geologen farbiger und wärmer gestaltet wurde, als rätlich, wird aber fast immer zu einer kurzen Perspektive Anlaß geben, denn sie wählt konkrete Erscheinungen zum Vergleich aus. Darin liegt ihre logische Gefahr. Es ist zwar eine große Auffassung, die sich in dem Gedanken L. v. Buchs ausspricht: Das große Fortschreiten der Welt ist nur eins, vom Gerinnen des Granits bis zum Streben des Menschen; aber ohne allzu ängstlich zu sein, wird man das Gerinnen des Granits nicht ganz ohne Bedenken nachsprechen. Kann diese eine Bezeichnung „Gerinnen“ die verwickelten und vielleicht vielfachen Vorgänge der Bildung des Granites verdeutlichen? Umschließt sie nicht vielmehr eine gefährliche Abkürzung? In unzähligen Fällen ist die logische Gefahr klar, die damit verknüpft ist; sie liegt selbst in Worten, die die Wissenschaft unbedenklich gebraucht, wie Völkerwanderung, Schöpfungszentrum, Ausgangspunkt u. v. a. „Gezimmer der Erde“, „framework of the globe“, ein Ausdruck, den im Deutschen Humboldt von Karl Ritter entlehnte, der ihn seinerseits von Buache haben dürfte, ist im wahren Wortsinn perspektivlos, denn wo sind die Träger und Fundamente dieses Baues für uns, die wir nur die Erdoberfläche geritzt haben?

Selbst ein scheinbar harmloses Bild, wie der Stammbaum, unter dessen Verästelung und Verzweigung man sich die Stammesgeschichte einer größeren Gruppe des Pflanzen- oder Tierreichs vorstellt, bedarf der Korrektur durch die räumliche Wirklichkeit. Wo ist in dem Auseinander-

gehen einer Art in Abarten, aus denen neue Arten entstehen, der Stamm? Die Art variiert, eine Abart zweigt sich ab, wird nach langer Zeit selbst Art, und aus dieser wieder zweigen sich neue ab; der Prozeß kann sich nach allen Seiten hin wiederholen, so daß ein niedriges Geflecht von Art- und Abartsverzweigungen entsteht, mehr Rasen als Baum. Es wird aber auch eine einseitige Zweigbildung vorkommen.

Selbst in der einfachen Verwendung der Ausdrücke „älter“ und „ältest“ liegen Unvollkommenheiten der Zeitangabe; sie mögen unbewußt sein, aber sie wirken irreführend. Steinmann sagt: „Wir glauben, bestimmt zu wissen, daß uns die ältesten Vertreter der Tiere und Pflanzen aller Art für immer unbekannt bleiben werden, ihre Spuren wurden wohl überall infolge der hochgradigen Umwandlung, welche die ältesten Schichtgesteine erfahren haben, vollständig verwischt.“ [1]) Was berechtigt, hier von den ältesten Vertretern der Tiere und Pflanzen und von den ältesten Schichtgesteinen zu sprechen? Wir meinen, daß es vielmehr verhältnismäßig recht junge Gesteine sind, die unter den fossilführenden Schichten umgewandelt als versteinerungslose Schiefer vorkommen.

7. Kapitel.

Die Rastvorstellungen.

Die große Mehrzahl der Erkenntnisse, die die Wissenschaft verkündet, ist nur vorläufig. Die Art, wie sie kundgegeben werden, sollte darauf mehr Rücksicht nehmen. Es ist ein Unterschied zwischen dem Gesetz der Schwere, das von niemandem mehr in Zweifel gezogen wird, der

[1]) Paläontologie u. Abstammungslehre am Ende des Jahrhunderts. Rektoratsrede. Freiburg i. B. 1899. Abgedr. in der Naturwissenschaftl. Wochenschrift XIV Nr. 27.

die Elemente der Physik kennt, und der Entwicklungslehre der Biologen. Zwar wird in allen Tonarten verkündet, daß die Entwicklung der Organismen von einfacheren zu höheren feststehe, aber das ist vor allem nur für die Erde gültig, während Galileis Fallgesetze für die weite Welt gelten, die unser Blick umfaßt. Alle biologischen Gesetze haben diese Beschränkung auf die Erde gemein. Hier schreitet die Entwicklung fort, auf anderen Weltkörpern könnte sie auch zurückschreiten. Gerade gegenüber den verwickelten Erscheinungen der Biologie ist der menschliche Geist darauf angewiesen, sich bei dem zu bescheiden, was man als „provisorische Wahrheit" bezeichnet hat. Es liegt aber in dieser Bezeichnung ein logischer Widerspruch, denn es kann für uns nur eine Wahrheit geben; man könnte die Bezeichnung noch gelten lassen für eine Annahme, die sich zur Wahrheit verhält wie die Puppe zum Schmetterling. Sie ist aber irreführend, wenn sie auf willkürliche Annahmen angewandt wird, die nur als Werkzeug beim Wahrheitssuchen dienen, wie z. B. die Kant-Laplacesche Hypothese. Vielleicht wäre es passender, von Rastvorstellungen zu sprechen. Mit derselben Notwendigkeit, mit der der müde Wanderer einen Platz sucht, wo er sich zur Ruhe niederläßt, auch auf die Gefahr hin, vom Frost getötet zu werden, strebt der Geist, der erdgeschichtliche Weiten überflogen hat, einem Abschluß zu. Er will nicht immer in eine Ferne blicken, wo kein Ende und kein Anfang ist. Man muß von einer gewissen Stelle ausgehen können und an einer anderen Halt machen müssen. Dieser Trieb hat sehr oft zu verhängnisvollen Fehlern geführt, aber er hat sich immer von neuem geregt und wird sich immer wieder betätigen; denn wenn wir unsere Kräfte auch noch so sehr steigern, werden sie doch immer wieder dem Un-Endlichen gegenüber ermüden. Wir haben eigentlich gar kein Recht, mitleidig auf die beschränkte Erdvorstellung zu blicken, die

sich eine Erdscheibe nur von den Säulen des Herkules bis zum Phasis vorstellte und bei der Annahme des ringsherum strömenden Okeanos sich zur Ruhe begab. Solche Rastvorstellungen sind auf allen Gebieten der Wissenschaft immer da gewesen, und sie leben unter uns und werden in der Nähe der Grenzen unseres Wissens immer wieder aufleben. Wir haben gesehen, wie entschieden bedeutende Geister den Gedanken der Entwicklung ablehnten. Andere, die nicht so weit gehen, lassen wohl die Entwicklung gelten, setzen ihr aber bestimmte Schranken. Die Erstarrungskruste der Erde hat im Grunde denselben Ursprung wie Huttons Abneigung, einen Anfang der Entwicklung der Erde zu sehen. Bestimmte Gesteine als „ursprüngliche", als „die ältesten Gebilde der Erdrinde" [1]) zu bezeichnen, setzt dem Denken über die lange Reihe der Gesteinschichten der Erde unerlaubte Schranken. Geht man von den jüngsten oder obersten aus, so droht die Reihe ins endlose zu wachsen; man will sie aber übersehen können, setzt ihr ein Ende und erfindet die „ursprüngliche Erstarrungskruste". Der Fall ist nun oft eingetreten, daß eine Wissenschaft eine Rastvorstellung an einer bestimmten Stelle eingepflanzt hatte, wo für eine andere Gedankenreihe noch lange kein Ende war. Solange die Wissenschaften ganz unabhängig voneinander arbeiten, ist derartiges möglich. Ebenso konnten ja die Phönizier zu den Zinninseln und vielleicht bis zu den Inseln der Glückseligen draußen im Atlantischen Ozean fahren, als für die Griechen diese Räume schon weit außerhalb ihrer Welt lagen. Befremden muß es uns aber, daß solche Fälle innerhalb eines und desselben Wissenschaftskomplexes vorkommen und sich erhalten können. Die vorhin genannte Erstarrungskruste der Erde kann in der physikalischen Geologie

---

[1]) So z. B. bei Carl Schmidt, Zur Geologie der Schweizeralpen, Basel 1898, S. 22.

bestehen, während die stratigraphische, staunend, indem sie die fossilen Lebewesen der ältesten versteinerungsführenden Schichten ins Auge faßt, über die hohe Organisation dieser Trilobiten und Orthoceratiten, sich sagte: Diese scheinbar erste und älteste Schöpfung hat eine lange Geschichte hinter sich; sie kann nur das Erzeugnis einer sehr langen Entwicklung sein. Wo sind aber die Reste dieser Entwicklung anders als unter den ältesten fossilführenden Schichten? Das sind dieselben, worin der physikalische Geolog die Erstarrungskruste sieht. Die hochgradige, alle Lebensspuren vernichtende Umwandlung der alten Schichtgesteine hat nicht bloß die Wurzeln des Lebensbaumes, sondern den ganzen Baum weit über den Beginn der Verästelung hinaus verschüttet. Wir kennen nur die obersten Enden der Äste. Diese Vorstellung geht aber mit der der Erstarrungskruste durchaus nicht zusammen, und sie würde, da sie unbedingt notwendig ist, genügen, dieselbe zu vernichten, wenn nicht die Erstarrungskruste an sich selbst so schwach wäre, daß sie sich einfach vor der Zeitfülle der Erdgeschichte verflüchtigen muß.

Die Geschichte der Wissenschaften erzählt uns auch von vielen Fällen, wo der Wunsch der Forschenden nach einer Schranke sich mit anderen Richtungen unseres Geistes verband, die zu demselben Ziele hinneigen. Dem Schönheitssinn leuchtete es z. B. ein, daß die regelmäßigen Strahlenformen bei Cölenteraten und Stachelhäutern die ersten und einfachsten gewesen sein müßten, und ähnlich auch bei den Pflanzen. Als aber die paläontologischen Funde die Perspektive der Lebensentwicklung vertieften, mußten Entwicklungsgesetze fallen, die man so voreilig aufgestellt hatte. Übrigens hätten schon die unsymmetrischen Larven vieler Stachelhäuter auf die Oberflächlichkeit jener Motivierung hindeuten können.

Woran erkennen wir nun die Ungesundheit einer Rastvorstellung? Einfach daran, daß die Tatsachen, die

sie erklären will, über sie hinausreichen. Die Stelle einer Rastvorstellung kann aber niemals im Bereich der Tatsachen, sondern nur an ihrer äußersten Grenze sein. Die Deutung der Gneißformation als Erstarrungskruste steht mitten in dem Gebiete, das die Lebensentwicklung für die Vorstufen[1]) ihrer bereits hoch entwickelten cambrischen Fauna und Flora notwendig braucht. Für diese ist sie also ein Hindernis, im allgemeinen Interesse muß sie beseitigt werden.

8. Kapitel.

Geologische und paläontologische Zeitfolge und Zeitschätzung.

Es gibt Erscheinungen, für die man so viel leichter die Zeitfolge als das Zeitmaß findet, daß ganze Wissenschaften sich fast nur damit beschäftigen, die erstere festzustellen. Dazu gehört die Geologie und in der Geschichte des Menschen alles Prähistorische. Beide haben es mit Ereignissen vor aller Aufzeichnung über Zeitpunkte und Zeitdauer zu tun; nur wie sie aufeinander gefolgt sind, läßt sich erkennen, aber meist nur dort, wo ihre Spuren und Reste in der Reihenfolge übereinander liegen, in der sie zur Ablagerung gelangt sind, denn diese Reihenfolge ist eben die Abbildung der Zeitfolge im Raum. Die Methoden dieser Zeitfolgeforschung sind in der Geologie am gründlichsten und vielseitigsten ausgebildet worden, und von der Geologie sind sie auf die Anthropologie und Geschichte übertragen worden, wo sie für alle vorgeschichtlichen Spuren und Reste die einzige Möglichkeit der Erkenntnis bieten. Man spricht daher auch von „geologischer Zeit“, was im Grunde befremdlich ist, da es doch nur eine Zeit geben

---

[1]) [Handschriftliche Korrektur des Verfassers für „Entwicklung“.]

kann; aber als Gegensatz zu historischer Zeit mag diesem Ausdruck eine gewisse praktische, beschränkte Berechtigung zugestanden werden, wiewohl er immer viel zu umfassend und daher unklar bleibt. Dann muß man aber nicht vergessen, daß diese „Zeit“ nur lineare Abschnitte einer viel längeren Zeit sind. Ein schon viel begrenzterer und greifbarerer Ausdruck ist „paläontologische Zeit“ für den Abschnitt seit dem ersten Auftreten der Spuren des Lebens in den Schichten der Erdrinde.

Das letzte Ziel aller geschichtlichen Wissenschaften — das Wort im weitesten Sinne der Menschheits-, Lebens-, Erd- und Weltallsgeschichte genommen — ist die Einreihung der Erscheinungen, mit denen sie zu tun hat, in Zeitfolgen. Wenn man behauptet, der „Entwicklungsgedanke“ durchdringe und beherrsche die ganze Astronomie, Geologie, Geographie, Biologie, Ethnologie, Geschichte, so sagt man nichts anderes; denn die Einreihung in die Zeitfolge soll eben zeigen, welche Stellung der Gegenstand in einer Entwicklungsreihe einnimmt. Und so ist die Einsicht in die richtige Zeitfolge die einzige Möglichkeit zur Erfüllung der Hauptforderung aller geschichtlichen Wissenschaft: zu zeigen, wie es gewesen ist. Dabei liegt aber durchaus nicht die größte Schwierigkeit in der Richtigstellung der Zeitfolge da, wo sie durch Überkippung von Schichtenkomplexen umgekehrt, durch späteres Eindringen fremder Massen — Batholithe und Lakkolithe — gestört oder, was der häufigste Fall, durch Abtragung lückenhaft gemacht ist; sondern vielmehr in der Auseinanderhaltung der Dinge, die heute eng bis zur Verworrenheit beieinanderliegen, in Wirklichkeit aber die Reste einer Entwicklung in großen Zeiträumen sind.

So ist also die absolute Zeitbestimmung vor allem nicht die erste und eigentliche Aufgabe der Geologie, die vielmehr in ihrer Gesamtheit die ausgesprochenste Zeitfolge-Wissenschaft ist. Da es aber auch in ihr nicht an Ab-

stufungen je nach der Sicherheit fehlt, womit die Zeitfolge zu bestimmen ist, könnte man in der Geologie als geschichtlich die allerdings verschwindend kleine Zeit bezeichnen, aus der wir sichere Zeugnisse der Zeitfolge besitzen; vorgeschichtlich ist die unbekannte und unbekannt bleibende Geschichte der Erdkrustenbildung und -umbildung, die Zeit, wo selbst keine Scheidung in älter und jünger möglich ist, und die zur Bestimmung der Schichtenfolge verwertbaren Fossilreste fehlen. Weit hinter ihr taucht dann erst wieder ein Lichtschimmer in der geologisch-astronomischen Zeit auf, die vielleicht einmal dazu gelangen könnte, aus der Vergleichung der Geschichte der Glieder des Sonnensystems einige feste Punkte in den dunkelsten Teil der Erdgeschichte zu setzen, die allerdings sorgfältiger zu wählen wären als die aus der Kant-Laplaceschen Hypothese abgeleiteten Abschnitte des glühendflüssigen Zustandes bis zur Erstarrung. Es ist klar, daß diese Hypothese der Erdbildung nicht zum wenigsten darum so großen Beifall gefunden hat, weil sie für die Erdgeschichte einen Ausgangspunkt wenigstens der Schätzungen bot. Es war sehr bequem, dafür z. B. die Erstarrungskruste zu wählen. Man hätte aber auch sagen können: in einer echten Chronologie der Erdgeschichte bezeichnet das erste Flüssigwerden des Dampfes, als die sinkende Temperatur der Erdoberfläche sich der Siedehitze des Wassers näherte, das Jahr Eins des heutigen Erdballs als einer Erdwasserkugel, eines Globe terraqué in Buacheščher Terminologie. Kurz, es wäre möglich, einige Abschnitte im Übergang von der feurigen und flüssigen zur abgekühlten, harten, wasserumflossenen Erdkugel zu bestimmen, was nichts anderes bedeutete, als die unmittelbare Anknüpfung der geologischen Zeitfolge an die astronomische. Allein solche Punkte sind nicht bloß hypothetisch hinsichtlich ihrer Zeit, sondern man weiß überhaupt nicht, ob man ihre Existenz in der Geschichte der Erde voraussetzen darf.

In einer Zeitfolgewissenschaft wird es immer darauf ankommen, als erste Aufgabe genau die Zeitfolge der Ereignisse, das Früher und Später, Älter oder Jünger, zu bestimmen. Die Methode dieser Bestimmung ist in der Geologie am meisten vervollkommnet worden, und man mag sie als geologische Methode bezeichnen.

Wenn man dagegen unter dem Titel „geologische Zeit" Erwägungen über die 50 oder 500 Millionen Jahre der fossilführenden Ablagerungen anstellt, sind Mißverständnisse unvermeidlich; geologische Zeit ist für uns nur nach der Gegenwart zu durch die historische Zeit begrenzt, nach der anderen Seite hin ist sie praktisch grenzlos. Es geht also nicht an, einen kurzen Abschnitt davon als „geologische Zeit" zu bezeichnen, und etwa mit Lord Kelvin[1]) einer Spekulation über die Dauer des Zeitraumes von den ältesten organischen Resten bis zur Gegenwart den großen Titel „On geological Time" zu geben. Wohl aber kann man die Hoffnung hegen, aus der genauen Bestimmung der Zeitfolge eines gewissen Abschnittes zur Zeitschätzung überzugehen, wo man dann von der Gegenwart rückwärts schreitend aus der Zeitrechnung durch die Zeitschätzung zur Zeitfolge hinabsteigen würde. In diesem Sinne wäre es wohl möglich, nach ihrem Verhältnis zur Zeit die Zeitrechnungswissenschaften, Zeitschätzungswissenschaften und Zeitfolgewissenschaften zu unterscheiden. Es wäre das z. B. eine Unterscheidung nach den Methoden der Historiker, Prähistoriker und Geologen.

Vielleicht kann folgendes Beispiel das Verhältnis dieser drei Stufen verdeutlichen: Zuerst kam es bei den Studien über die Vorgeschichte des Menschen ganz im allgemeinen darauf an, die Funde in die richtige Folge zu bringen. Dazu half die in der Geologie schon festgestellte Zeitfolge der diluvialen Ablagerungen, woraus sich die Möglichkeit

---

[1]) [Der spätere Name des bekannten Physikers W. Thomson.]

ergab, Menschenreste, die mit Mammutknochen gefunden waren, für älter zu erklären als Menschenreste bei Renntierknochen, etwa an der Garonne, gefunden. Daraus ergaben sich die Abstufungen Mammutzeit, Renntierzeit und ähnliche, rein nach der Zeitfolge gebildete. Später zeigte sich dann schon die Möglichkeit der Zeitschätzung im allgemeinsten Sinne. Es wurde z. B. entscheidend für die Vorgeschichte des Menschen in Europa, ob die Eiszeit weit oder nicht weit zurückliegt. Eine solche ganz allgemeine Zeitschätzung, die eigentlich nur Zeitvermutung ist, konnte doch durch das Licht, das sie auf jene andere Erscheinungsreihe wirft, vom größten Werte sein, sie konnte außerdem erst die volle Möglichkeit der Herstellung einer richtigen Zeitfolge bieten, die z. B. für die Menschenreste der Quartärzeit sich offenbar ganz anders entwickeln kann, wenn 500000 als wenn nur 20000 Jahre gegeben werden. An sie schließen sich aber dann die genaueren Zeitschätzungen an, auf die wir zurückkommen werden.

Unterscheidet sich in der Methode die Loslösung der silurischen und kambrischen oder Primordialformation durch Bestimmung einer Zeitfolge in dem „ungeheuren ungegliederten Haufen von Grauwacke oder Übergangskalk“, wie es Murchison, der Schöpfer dieser Formationen, nannte, von der Gewinnung einer weiteren Reihe von Jahrtausenden durch babylonische oder ägyptische Ausgrabungen für die Geschichte? Als ob man ahnte, daß die letzte Grenze der Reste des Lebens damit noch nicht erreicht sei, wählte man dort neutrale Namen wie Bottom-Rock (Murchison), Azoisch und später Archäisch (Dana), Präkambrisch (Dawson, der diesen Namen „als ein offenes Bekenntnis unserer Unwissenheit“ positiveren Benennungen ausdrücklich vorzog). Nach mannigfachen Versuchen der Schichtengliederung scheint nun der mächtige Komplex archäischer Gesteinsmassen, dem die Nordamerikaner zuletzt den Namen „Protaxis“ beigelegt haben,

sich in einen oberen Teil zu spalten, der als ein ältestes und tiefstes Glied der paläozoischen Reihe konstituiert werden wird, und in einen unteren, endgültig versteinerungslosen. Vor den obersten Schichten dieses letzteren würde nun die Reihe der paläontologisch genau festgestellten Zeitfolge abschließen, und hier würde eine andere chronologische Methode einzusetzen haben, die großenteils erst noch zu entwickeln ist.

Die Bestimmung der Zeitfolge der Erdschichten verfügt über drei verschiedene Wege; sie kann in dem Aufeinanderfolgen der Schichten ein oben und unten oder höher und tiefer unterscheiden, was bei ungestörter Schichtenlagerung oben liegt, ist jünger, was unten liegt, älter. Sie kann ferner diese Schichten nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit unterscheiden und wiedererkennen, wie sich schon in den Namen Grauwacke, Kohlenformation, Buntsandstein, Muschelkalk, Oolith, Kreide usw. ausspricht. Endlich kann sie in den Lebensresten, die in Schichten liegen, ältere und jüngere unterscheiden. Das sind die stratigraphischen, die petrographischen oder lithologischen und die paläontologischen Merkmale. Die letzteren sind ohne Frage die wichtigsten. Denn während die Ablagerung von Schichten durch die dazwischen immer wieder hineinwirkende Abtragung und durch die Hebungen und Senkungen, die anscheinend regellos abwechseln, unzusammenhängend, ungleichartig und durch lange ungleiche Zwischenräume getrennt ist, läuft das Leben als ein Faden, der nie abbricht, durch sie hindurch. Da scheinen wohl Schichtenbildung und Lebensentwicklung einander auf das glücklichste zu ergänzen, indem dieser Faden sich über die Lücken wegspannt, wo Schichten abgetragen, verloren gegangen sind? Die Entwicklung der Lebensformen kommt in der Tat dem chronologischen Bestreben entgegen; denn indem eine aus der anderen hervorgeht, unterscheiden wir jüngere und ältere, die uns die Bestimmung der Zeitfolge auch dort

möglich machen, wo die Schichtenlagerung gestört ist. Auch gelingt es, durch dasselbe Mittel, weit entlegene Ablagerungen miteinander zu parallelisieren. Zwar hatte schon früh die Ansicht aufgegeben werden müssen, daß die Erdschichten konzentrische Schalen bilden, die in gleicher Reihenfolge übereinander um den Erdkern liegen; aber es gelang dann doch, in den getrennten Becken, wo die Ablagerungen sich gebildet hatten, die Schichtenfolgen zu parallelisieren. Selbst bis in die versteinerungsleeren huronischen und laurentischen Schichten drang man, als Logan ihre Aufeinanderfolge in Kanada festgestellt hatte, mit dieser vergleichend chronologischen Methode ein, freilich sehr langsam und mit schwankenden Ergebnissen, da die lithologischen Unterscheidungsmerkmale unsicher werden, sobald man sie über weite Gebiete verfolgt. Gerade in diesen beiden mächtigen Komplexen, wie überhaupt im Archäischen, haben sich daher lokale Abgrenzungen und Benennungen notwendig erhalten. Aber im ganzen hat es sich doch möglich gezeigt, wenigstens die durchschnittliche Mächtigkeit dieser großen Schichtenkomplexe abzuschätzen, in welcher Form und wo sie auch abgelagert sein mögen, und der Reihe der känozoischen, mesozoischen und paläozoischen Schichtengruppe eine archäische anzuschließen, für die Dawson 25000 m Mächtigkeit annimmt.

Die Besprechung der Chronologie der Lebensentwicklung für später versparend, möchte ich nur noch auf die nicht unschwierige Anwendung der paläontologischen Methode auf die Vorgeschichte des Menschen eingehen. Wo Reste des Menschen in Torf- oder unter Kiesschichten liegen, kann man ihre Zeitfolge gerade wie die anderer Gesteinsschichten nach der Übereinanderlagerung bestimmen; die Unregelmäßigkeit des Wachstums des Torfes und der Ablagerung der Kiesmasse etwa im Schuttkegel eines Baches bereiten nur der eigentlichen Zeitbestimmung Schwierigkeiten. Wo Reste des Menschen mit Resten aus-

gestorbener Tiere beisammen liegen, kommt die paläontologische Methode zur Anwendung. Der einfachste Fall: ein Menschenknochen neben einem Bärenknochen kann in Deutschland, selbst in den deutschen Alpen, aus keinem späteren Jahre als 1834 stammen, wo der letzte Bär bei Partenkirchen erlegt wurde. Doch würde diese Bestimmung wegen der räumlichen Ungleichmäßigkeit des Rückzuges des Bären nur für ein beschränktes Gebiet Geltung haben; in Graubünden oder Ungarn, wo der Bär noch lebt, können modernste Menschenreste neben denen des Bären vorkommen. Wenn wir ebenso genau wüßten, wann der Höhlenbär verschwand, könnten wir auch für den Diluvialmenschen, der mit ihm zusammenlebte, eine entsprechende Zeitbestimmung geben; wir wissen aber nur, daß der Höhlenbär vor dem Mammut und nach dem Elephas antiquus bei uns ausgestorben ist, und daher ist nur eine ganz allgemeine Zeitfolgebestimmung möglich. Nun zeigen aber nicht bloß die großen diluvialen Säugetiere eine Geschichte von Erscheinen und Verschwinden, sondern auch die Werkzeuge und Waffen der Menschen haben eine Entwicklung, deren Faden vielleicht die Anbringung chronologischer Abschnitte in der Weise erlaubt, daß wir beim Funde einer Bronzeaxt sagen können: sie ist älter als eine Steinaxt; oder beim Funde einer eisernen Speerspitze: sie ist älter als eine kupferne. Sowie aber schon die unbedingte Parallelisierung der Zeitalter fossiler Tier- oder Pflanzenreste an der naheliegenden Möglichkeit von Wanderungen scheitert, die bewirken, daß dasselbe Tier, dieselbe Pflanze zu ganz verschiedenen Zeiten in verschiedenen Teilen der Erde auftritt, so ist auch die chronologische Verwertung von Kulturunterschieden ein gewagtes Beginnen. Wir wissen, daß die Bewohner Perus sich noch in der „Bronzezeit“ befanden, als die Bewohner von Mittel- und Nordeuropa schon seit 2000 Jahren zum Eisen übergegangen waren, und die Australier und Tasmanier schlugen

noch vor 100 Jahren Steinbeile und steinerne Speerspitzen, die kaum von denen des diluvialen Europäers zu unterscheiden sind, der vielleicht mehr als 500 000 Jahre vor ihnen gelebt hat.

Dabei waren die Tasmanier noch weit hinter den Australiern zurückgeblieben; so wie ihnen Bumerang und Wurfbrett fehlten, standen sie auch in der Bearbeitung des Steines unter ihnen, haben aber wohl noch nach dem Eindringen der Europäer darin von ihren Nachbarn gelernt. Wenigstens ist es nach der eingehenden Diskussion der tasmanischen Steingeräte und Waffen durch E. B. Tylor in den Bänden 23 und 24[1]) des Journals of the Anthropological Institute wahrscheinlich geworden, daß mit den ersten weißen Ansiedlern Australier, vielleicht aus Pt. Philipp, ins Land kamen, die den Tasmaniern den Gebrauch geschliffener und mit Handhabe versehener Steingeräte lehrten; vorher hatten sie Steingeräte benutzt, die in keiner Weise über denen standen, die in Europa mit Resten ausgestorbener diluvialer Säugetiere zusammenliegen; Tylor findet besondere Ähnlichkeiten mit dem Typus, den de Mortillet nach le Moustier (Dordogne) genannt hat.

Aus den Versuchen, eine Chronologie der älteren Vorgeschichte des Menschen nur auf Werke des Menschen selbst zu gründen, hebe ich die scharfsinnigste und folgerichtigste, die de Mortillets hervor, die wohl auch die verhältnismäßig weiteste Anerkennung gefunden hat. De Mortillet stützt sich nur auf die Entwicklungsphasen der menschlichen Werkzeuge und Waffen, indem er drei Hauptzeitalter unterscheidet, die er nach berühmten Fundorten benennt. Im Chelléen benutzt der älteste uns bekannte Mensch der Steinzeit aus freier Hand geschlagene, beil-

[1]) 1893—95; siehe besonders die Bemerkungen auf S. 148 u. f., sowie die Tafeln X und XI in dem Aufsatz, der den bezeichnenden Titel führt „On the Tasmanian Representatives of Palaeolithic Man“.

artige Stücke splittriger Gesteine, die er einfach in der Faust hielt; dazu gehören die bekannten rohen Steinbeile, die zuerst Boucher de Perthes bei Abbeville an der Somme gefunden hat. Später kamen kleinere Beile in Gebrauch, die mit den Fingern, nicht aus der Faust geschlagen wurden, sie bezeichnen die Stufe des Moustérien; noch später lernte man die Steinsplitter als Sägen, Messer, Ahlen usw. zu verwenden, und diese mannigfaltigere Verwendung bezeichnet die Stufe, die de Mortillet Magdalenéen genannt hat. Hier ist nicht der Ort, diese chronologische Klassifikation kritisch zu zerlegen. Nur als Versuch, eine Zeitfolge menschlicher Entwicklungsstufen aus der Entwicklung selbst heraus zu konstruieren, soll sie beleuchtet werden. Als solcher ist sie zwar interessant, aber mißlungen. Nicht bloß in Tasmanien waren Steinwaffen vom ursprünglichsten Charakter vor 100 Jahren im Gebrauch. In England kommen Geräte von echt paläolithischem Typus noch lange nach dem Ende der letzten Vergletscherung vor, wie Evans bewiesen hat,[1]) und sind wahrscheinlich noch länger in Irland erhalten geblieben. Für Messer, Schaber, Pfeilspitzen haben sich aber die paläolithischen Typen sogar bis in die Zeiten erhalten, wo für andere Geräte Schleifung, Politur, Durchbohrung und andere „moderne“ Techniken im Schwange waren.

Ich glaube deshalb auch nicht, daß Penck die Klassifikation durch die Verbesserung ihrer stratigraphischen Parallelisierung wesentlich gestützt hat;[2]) ebensowenig, daß die aufeinanderfolgenden Kulturstufen sich an Ort und Stelle auseinander entwickelt haben, wie er anzunehmen geneigt scheint. Gerade die von ihm so überzeugend ver-

---

[1]) vgl. Report of the 66th. Meeting of the Association f. th. Advancement of Science Liverpool 1896 S. 400 f.

[2]) Die alpinen Eiszeitbildungen und der prähistorische Mensch. Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu Karlsbad, abgedruckt in „Die Zeit“ Bd. 32 S. 197.

tretene Notwendigkeit langer Zeiträume, durch die die immer wechselvoller sich darstellende Geschichte des Quartär in Europa sich hinzieht, verbietet die Ausschließung fremder Einflüsse, die naturgemäß besonders asiatische und afrikanische sein mußten, auf die Entwicklung der paläolithischen Bevölkerung Europas. Doch davon ein anderes Mal.

9. Kapitel.

Die Zeitschätzung in der Erdgeschichte.

(Abtragung und Ablagerung).

Wir bleiben bei der Prüfung erdgeschichtlicher Tatsachen immer einmal wieder an der verschlossenen Türe stehen, über der wir die Inschrift lesen: Absolute Zeit. Wir sind durch eine Reihe von geologischen Abschnitten gewandert, über deren Aufeinanderfolge, Land- und Meerverteilung, Klima, Lebewelt wir mit wenig Lücken unterrichtet sind, so daß wir den befriedigenden Eindruck empfangen: Wir wissen, wie es war, insofern wir wissen, wie die Dinge aufeinander folgten. Aber wann ging das alles vor sich? Und wie lang dauerten die Abschnitte? Das ist's, was wir nicht wissen. Die Versuche, geologische Vorgänge von der Gegenwart aus so weit zu verfolgen, als sie in demselben Tempo, wie in der Gegenwart, fortgeschritten sind, so daß aus der Veränderung einer Jahresreihe die Zeit berechnet werden kann, die zu einer Veränderung von bestimmtem größeren Betrage nötig war, werden uns der Antwort auf diese Frage näherbringen. Die Frage voll zu beantworten, werden sie aber nie imstande sein, weil jeder einzelne Vorgang dieser Art zu verwickelt ist, als daß wir zu mehr als Durchschnitten und Annäherungen kommen könnten. Wie von einer guten Uhr verlangen wir auch von einem erdgeschichtlichen Zeit-

messer regelmäßige Bewegung mit Abschnitten von gleicher Länge. Aber nur die Umdrehung der Erde um sich selbst und um die Sonne und die Bewegung des Mondes gibt uns Tage, Monate und Jahre, die in einem langen Zeitraume genau übereinstimmen. Anderen rhythmischen Bewegungen fehlt diese Sicherheit, sie sind nicht zu Zeitmessungen zu gebrauchen. Die periodischen Erscheinungen der Vegetation und des Tierlebens, Knospen, Blüten, Früchte, zurückkehrende und forteilende Zugvögel, Folgen der Bewegungen der Erde, dienen zur Zeitschätzung. Das Aufwallen einer Quelle in pulsierenden Stößen oder der in regelmäßigen Zeitabschnitten von der Kalksinterdecke einer Höhle fallende Tropfen ruft uns das Ticken der Uhr in die Erinnerung und wir meinen „den Pendelschlag der Ewigkeit" zu hören, wie einmal Heinrich Noé (s. S. 35) von solcher geheimnisvollen Zeitmessung in der Divazzahöhle sagt; aber an Zeitmessung denkt dabei selbst der Dichter nicht.

Möchte dagegen nicht auf Änderungen im Ablauf dieser regelmäßigsten und darum zu allen Zeiten, von denen wir Kunde haben, zur Zeitbestimmung benutzten planetarischen Bewegungen eine astronomische Methode der Zeitmessungen für die Erdgeschichte zu begründen sein?

Noch ist in der Tat die Hoffnung nicht aufzugeben, daß der in so vielen anderen Fällen gelungene Nachweis der Periodizität, der die allerverschiedensten Einzelerscheinungen in große Wellen reiht, die in pulsierenden Bewegungen einander folgen, uns für die erdgeschichtlichen Vorgänge ein großes astronomisches Zeitmaß geben werde. Periodische Vorgänge von großem Umfang sind allerdings in der Geschichte der Erde bisher nicht erkannt worden; besonders gliedern sich die Spuren älterer, permokarbonischer Eiszeiten nicht in große Perioden ein. Was Croll, Wallace und andere phantasiestarke Leute von wiederkehrenden Eiszeiten im Zusammenhang mit Änderungen der Exzentrizität der Erdbahn gesagt haben, hat

keinen Grund. Croll, der zuerst die säkularen Schwankungen der Exzentrizität der Erdbahn dafür verwenden wollte, konnte nicht den Zusammenhang zwischen ihnen und irgend welchen Abschnitten der Erdgeschichte nachweisen. Blytt ist es ebensowenig gelungen, den Zusammenhang zwischen diesen Schwankungen und der Höhe der Strandlinien zu beweisen, d. h. Schwankungen des Meeresspiegels mit Schwankungen der Exzentrizität und Präzession der Erdbahn in Verbindung zu setzen. Mit besserem Grunde darf man die allerdings auch entfernte Hoffnung aussprechen, daß vielleicht einmal die immer weitergehende Verlangsamung der Erdumdrehung durch die Reibung der Flutwelle an der Geosphäre uns zu einer Chronologie der Erdgeschichte führen könnte.

Wenn also keine Aussicht besteht, leicht oder bald zu einer wirklichen Zeitrechnung der Erdgeschichte zu gelangen, wird man doch den Versuch wagen können, durch die genaue Beobachtung von Vorgängen, die sich mit der Zeit summieren, von der Gegenwart ausgehend den Betrag der Zeit zu bestimmen, die zu einer Summe nötig war. Die Abtragung des Landes durch Wasser, Eis und Wind, die seine Trümmer fortnehmen und an anderer Stelle ablagern, ist ein solcher Vorgang. Man könnte ihn mit der Sanduhr vergleichen, in der der Stoff, an dessen Maße wir die Zeit messen, von einem Glas in das andere rinnt. So wie wir den Sand in dem Glase messen können, das sich füllt, und in dem, das sich leert, sind auch bei der Abtragung zweierlei Wege gangbar.[1]) Denn das Land ist das eine Glas der Uhr und das Meer (oder unter Umständen

[1]) Es ist eines von James Huttons großen Verdiensten, dieses Wechselspiel von Abtragung und Anschwemmung klar erkannt zu haben, und es verringert sein Verdienst nicht, daß er in dem Gleichgewicht der beiden Aktionen, wodurch die Erde erst recht bewohnbar und benutzbar gemacht wird, eine der stärksten Stützen einer „natürlichen Religion" erblickte.

ein Binnensee) das andere. Mit anderen Worten: man kann die Abtragung als solche oder als Ablagerung messen. Und außerdem bleibt noch das Mittel, die abgetragenen Massen auf ihrem Weg von einem zum anderen zu bestimmen. Wenn wir in einem verhältnismäßig jungen Gebirge aus den Falten, die seinen Bau und seine Größe ausmachen, seine ursprüngliche Höhe bestimmen, so erfahren wir, um wieviel es durch Abtragung verloren hat. Die Alpen dürften z. B. in einigen Teilen um etwa 3000 m niedriger geworden sein. Das ist die Summe der abtragenden Arbeit der genannten Faktoren, sowie des Meeres, unterstützt von Hebungen und Senkungen und Klimawechseln; also das Ergebnis eines sehr langen und verwickelten Prozesses, der in sich selbst zu ungleichartig und in seinem zeitlichen Verlauf zu schwankend ist, als daß man daran denken könnte, die Zeit der Abtragung aus dem Verluste zu bestimmen, den die Erdoberfläche an einer solchen Stelle erleidet. Handelt es sich nun erst um Gebirge von noch höherem Alter, etwa um die Abtragung unserer Mittelgebirge von 5000 bis 6000 m auf die heutigen 1500 oder 1000 m, so entzieht sich ein solcher Prozeß heute wenigstens jeglicher Schätzung.

So wertvoll diese Zeitschätzungen an sich auch sind, für die Chronologie der Erdgeschichte sind sie einstweilen nur mit äußerster Vorsicht zu verwerten, denn sie schätzen alle nur die Abtragung eines ruhenden Gebirges. In der Natur aber wird nicht ein Gebirge heute gebildet, um morgen abgetragen zu werden, sondern die Abtragung beginnt, wenn der Keim eines Gebirges erst 1 m emporgewachsen ist, und die Gebirgsbildung hört niemals vollständig auf, d. h. es finden auch im scheinbar fertigen Gebirge immer wieder Hebungen oder Senkungen statt, die der Abtragung entgegenwirken oder sie beschleunigen.

Die Geologie lehrt uns eine ganze Anzahl von Landrücken und welligen Hügelländern kennen, die, wie die

Reste von mächtigen Falten zeigen, einst hohe Gebirge gewesen sein müssen; sie müssen abgetragen worden sein, was immer nur in langen Zeiträumen möglich war. Das Gebirge, zu dem alte Schichten bis in die ältere Steinkohlenformation herein aufgefaltet worden waren, war im Beginn der jüngeren Steinkohlenformation an manchen Stellen so weit abgetragen, daß diese auf seinen Resten abgelagert werden konnten. Wer nun daraus berechnen wollte, es sei von einer Gebirgsfaltung bis zu dieser Ablagerung etwa ein Zeitraum von vier bis fünf Millionen Jahren verflossen, und man werde zu einer Schätzung längerer geologischer Zeiträume gelangen, indem man die wechselnden Zeiten der Gebirgsbildung und Abtragung bestimme, würde uns eine höchst unvollkommene Vorstellung von der Chronologie der Erdgeschichte verschaffen; denn die Faltung des Gebirges ist selbst ein langsamer Vorgang von sehr großer Dauer gewesen, der unter beständiger Abtragung sich vollzog, und in die Abtragung haben Hebungen und Auflagerungen hemmend eingegriffen. Daß Gebirgsbildung und Abtragung so innig ineinander verflochten sind, erschwert ihre Verwertung zu Zeitbestimmungen ungemein. Auch wo sie unter unseren Augen vor sich geht, ist die Denudation eine ungemein ungleichartige Bewegung, abhängig von der Luftdruckverteilung, von der Temperatur und den Niederschlägen, von der Pflanzendecke, von der Gestalt, Höhe und Gesteinsbeschaffenheit des Bodens. Andere Windrichtungen konnten sie nicht bloß verlangsamen, sondern geradezu hemmen, sogar durch Ablagerung von Mineralstoffen, die aus anderen Gegenden hergeweht und abgelagert wurden, in ihr Gegenteil verkehren. In erster Linie wird sie von den Niederschlagsmengen abhängig sein, mit deren Steigen die Abtragung zunehmen muß, wenn nicht Bodenbewegungen, die den Abfluß hemmen, diesem Wachstum entgegenwirken. Die größte Änderung wird aber eintreten, wo ein Land unter

den Wasserspiegel sinkt, was natürlich das Aufhören aller Abtragung bedeutet. Im allgemeinen wird also die Abtragung geringere Beträge erreichen in den erdgeschichtlichen Abschnitten, die durch die Ausbreitung der Meere gekennzeichnet sind; in den „kontinentalen“ Abschnitten wird sie indessen ebenfalls abnehmen, wenn das Land sehr ausgebreitet, nicht hoch und in seinem Inneren einem trockenen Klima ausgesetzt sein wird. Am stärksten wird sie in Ländern sein, wo hohe Gebirge starke Niederschläge empfangen, deren angesammelte Wasser als große Ströme das Land verlassen; so wie in unseren Tagen der Himalaya und andere Gebirge in niederschlagsreichen Zonen. Da nun die abgetragenen, teils gelösten, teils fortgeschwemmten Stoffe zum weitaus größten Teil durch die Flüsse und Ströme befördert werden, bietet sich in diesen offenbar das nächstliegende Mittel wenigstens zu einer ungefähren Schätzung der jüngeren Abtragung in einem Flußgebiete. Es ist Lyells Verdienst, dasselbe zuerst angewandt zu haben, wobei er mit scharfem Blick den Mississippi und den Ganges wählte, Typen mäßiger und stärkster Abtragung. Prestwich hat dieselbe Methode später in einer sehr genauen Arbeit auf die Themse angewendet. Eine der jüngsten und besten Arbeiten dieser Gattung ist „Die Denudation im Gebiete der oberen Elbe“ von F. E. Hibsch,[1]) die zu einer Abtragung des Elbgebietes oberhalb Tetschen um 1 m in 43 000 Jahren kommt. A. Geikie hatte nach Beobachtungen über die Schuttführung von Flüssen eine Abtragung von 1 m in 10 000 Jahren angenommen, Penck war in der „Morphologie“ [2]) zu 1 m in 1440 Jahren durch

[1]) S.-A. aus der Festschrift zur 50jährigen Bestandfeier der höheren landwirtschaftlichen Landeslehranstalt Tetschen-Liebwerda 1902.

[2]) Ich finde die letzten Angaben von A. Geikie in der Presidents Address vor der British Association in Edinburgh 1892, wo er die Zeitdauer für die Abtragung von 1 m zwischen 2400 und 21 000 Jahren annimmt; s. Report 1892 S. 21.

den Vergleich von 16 größeren Flüssen gekommen, die rund ein Zehntel des zum Meere abdachenden Landes entwässern.[1])

Die Aufgabe wird einfacher in den jüngsten Perioden der Erdgeschichte, wo Land und Meer ungefähr ebenso verteilt waren wie heute und großenteils dieselben Flußläufe existierten. Die pleistokänen Ablagerungen im Po-Tiefland, durchschnittlich 150 bis 160 m mächtig, die entsprechenden Ablagerungen im Indus-Ganges-Tiefland, durchschnittlich 250 m mächtig, zeigen Abtragungen dort der Südalpen um 150 m in mindestens 450 000, hier des Himalaya um 190 m in mehr als 600 000 Jahren, womit Pencks Schätzungen der Zeit, in der die Theißzuflüsse die niederungarische Tiefebene mit mächtigen Ablagerungen desselben Zeitalters bedeckten, 480 000 Jahre, stimmen würden. Wenn nun die einen großen Teil der älteren Quartärzeit ausfüllende Eiszeit ebenfalls immer ausgedehnter wird, je eingehendere Forschungen über sie angestellt werden, und für die Alpen allein die seit der letzten Vereisung verflossene Zeit wohl 25 000 Jahre zählen mag, während für die verschiedenen Eiszeiten und Zwischeneiszeiten mehrere 100 000 Jahre anzusetzen sind, so erhält man auch von dieser Seite für die Quartärzeit eine Zahl, welche die aus Flußablagerungen erhaltene Annahme bestätigt, daß vom Ende der Tertiärzeit bis zur Gegenwart mindestens eine halbe Million Jahre verflossen sein müsse.

Die Abtragung der Küsten ist oft und stellenweise möglichst genau beobachtet worden, und da das Hauptwerkzeug dieser Abtragung, die Brandung, viel gleichmäßiger arbeitet als viele andere, scheint die Möglichkeit, darauf Zeitschätzungen zu begründen, sehr nahegelegt zu sein. Es fehlt in der Tat nicht an Versuchen, die aber

---

[1]) I S. 382. Die vollständigsten Literaturnachweise über einschlägige Versuche gibt Penck Bd. 1 S. 385 desselben Werkes.

meistens nicht alle Schwierigkeiten im Auge behielten, besonders nicht die Schwankungen, denen mit der Küste selbst die Gezeitenwellen unterworfen sein mußten. Lapparent hat früheren Überschätzungen der Küsten-Erosion gegenüber durch eine genaue Erwägung der Grenzen, die sich ein ins Land eindringendes Meer bald selbst setzen muß, wenn das Land nicht sinkt, den Betrag der Jahresleistung der Küsten-Erosion auf 16 km^3 veranschlagt. In dieser Zahl mögen manche Ungleichheiten sich aufwiegen, welche der Zeitschätzung für ein beschränktes Gebiet gefährlich werden müssen, wie etwa der Schätzung der für die Bildung des Ärmelkanales notwendigen Zeit auf 50000 Jahre, und ähnliche. Aber eine Grundlage für Zeitschätzung kann auch die Lapparentsche Zahl nicht sein. Wo es gelingt, an den Küsten aus den Strandlinien, die bei der Hebung des Landes über den Meeresspiegel mit gehoben werden, Bewegungen herauszulesen, da finden wir in Zeiträumen, die man sonst für kurz zu halten pflegt, beträchtliche Schwankungen. Darin liegt wenigstens eine chronologische Andeutung. Bei der Ostsee, wo auch noch die Änderungen des Salzgehaltes und der Lebewelt Möglichkeiten der Einsicht in diese Verschiebungen geben, wissen wir, daß sie in der postglazialen Zeit durch Hebungen und Senkungen des Bodens im Gesamtbetrag von 280 m aus einem Eismeerarm ein Süßwassersee und ein Brackwassermeer wurde, ehe sie ihre heutige Gestalt und Beschaffenheit annahm. Von einem einfachen Fortgang der Küsten-Erosion, die uns etwa erlauben würde, die heutigen Zerstörungen einfach mit bestimmten Jahresreihen zu multiplizieren, um eine gewisse Wirkung zu erklären, kann also hier keine Rede sein.

Die Untersuchungen von Thoulet über die Abtragung der Kreideküste der Normandie[1]) gehen von der Be-

[1]) Evaluation approchée de la Dénudation du terrain crétacé des côtes normandes, Comptes Rendus 1899 II S. 1043.

stimmung des roten, mit Feuersteinen gemischten Tones aus, der bei der Auflösung der Kreide übrig bleibt. Dieser Ton bedeckt die Kreidelager als eine durchschnittlich 1 m dicke Schicht. Wenn man 100 g natürlichen Kreidefels auflöst, erhält man 0,83 g unlöslichen Rückstand, der zu drei Vierteln aus Ton von derselben Eigenschaft besteht, die dieser natürlichen Tonschicht zukommen. Unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes der Kreide, des Tones und der Kieselsäure kommt man zu dem Schlusse, daß die 1 m dicke Tonschicht der Rest von einem 52 m dicken Kreidefels ist, der langsam abgetragen wurde.

Von den Versuchen, das Alter wenigstens eines Teiles der Quartärzeit nach dem Verlauf der Abtragung der Schwelle eines Wasserfalles zu bestimmen, möchte ich nicht besonders sprechen; die Ergebnisse sind bei dem sorgsam beobachteten Niagara von entmutigender Nichtübereinstimmung. Das gleiche gilt auch von den Versuchen, im Wachstum eines Torflagers, einer Tropfsteinschicht und dergl. Zeitmaßstäbe zu gewinnen.

So sehr auch alle Schätzungen der geologischen Zeit aus dem Gange der Abtragung der Kontinente an der Unmöglichkeit leiden, diese Abtragung unmittelbar zu messen, so gelingt es doch wenigstens in beschränkten Gebieten einen Schluß auf die Wirkungen in größeren zu ziehen. Viel schwerer ist es, die Ablagerung dieser abgetragenen Massen zu kontrollieren. Gerade in dieser Unmöglichkeit hat mit Recht schon Charles Lyell die größte Schwierigkeit gesehen, die der Einsicht in den wirklichen Gang der Erdgeschichte entgegensteht; denn wir sehen, wie zwei Siebentel der Erde zerstört und weggeführt werden, haben aber kein Bild von der Art, wie diese Trümmer über die anderen fünf Siebentel ausgebreitet, abgelagert werden. Wenn wir nun versuchen, die Größe der Ablagerung aus den Massen abzuleiten, welche die Flüsse transportieren, erhalten wir eine ganz lückenhafte

Vorstellung. Denn einmal ist in den Flüssen selbst der am Boden gerollte und geschobene Schutt nicht zu messen, und dann ist die Ablagerung auf dem Meeresboden unserer Messung entzogen. Wir können wohl den Schuttkegel vor der Kongomündung schätzen, kennen aber zu einer Berechnung nicht genau genug seine Basis und wissen auch nicht, wieviel von dem Material, das der Kongo ins Meer führt, noch nachträglich abgespült oder aufgelöst wurde und wird. Man ist also bei der Schätzung der Ablagerung noch mehr auf die Beobachtungen in beschränkten Gebieten angewiesen, und die größte Schwierigkeit liegt darin, von den Ergebnissen solcher Beobachtungen die zutreffenden Verallgemeinerungen zu gewinnen, weil jene eben doch durchaus örtlich bedingt sind.[1] Nach solchem Vorgehen schätzte Albert Heim die jährliche Abtragung des Reußgebietes auf 0,242 mm, des Kandergebietes auf 0,381 mm nach dem Betrag der Geschiebe und gelösten Stoffe, die die Reuß in den Vierwaldstätter, die Kander in den Thuner See führt.[2] Die Reuß legt an ihrer Mündung durchschnittlich im Jahr 150000 cbm Geschiebe ab, ihr 825 qkm großes Gebiet verliert in 5500 Jahren 1 m an gröberem Schutt, und wenn man den fein zerteilten Schlamm des Seebodens hinzunimmt, in 4125 Jahren.

Einen der seltenen Fälle, wo eiszeitliche Ablagerungen in regelmäßiger Weise überlagert werden von Absätzen,

[1] Lyells Darstellung der Wandlung seiner Ansicht über das Alter des Mississippi-Deltas in den Principles I S. 458 u. f. (10. Aufl.), zuerst durch neue Messung der Wassermenge, dann durch Tiefbohrungen im Delta hervorgerufen, geben ein sehr gutes Bild von der schwankenden Natur des Bodens, auf dem die Zeitschätzungen sich bewegen, die in diesem Fall von 67000 auf 33000 sanken, dann durch Bohrungen, die die Mächtigkeit des Deltas um 40 m vergrößerten, wieder steigen mußten.

[2] Über die Erosion im Gebiete der Reuß. Jahrbuch des schweizerischen Alpenklubs 1878—1879 S. 371.

deren Herkunft und Bildungsweise man ziemlich gut kontrollieren kann, hat Albert Heim zu einer Bestimmung des absoluten Alters der Eiszeit benutzt.[1]) Hinter einer Moräne von etwa 120 m Mächtigkeit, die quer durch das Gersauer Becken des Vierwaldstättersees zieht, mündet die Muotta, die ein verhältnismäßig großes Delta in den See gebaut und den Seeboden hinter der Moräne mit ihren Schwemmstoffen so erhöht hat, daß er hier nur etwa 80 m unter dem Seespiegel liegt; unterhalb der Moräne liegt er durchschnittlich 200 m tief. Aus der heutigen Schuttbewegung berechnet Heim die Zeitdauer der Anschwemmung oberhalb der Moräne auf wenigstens 10000 und höchstens 50000 Jahre; soweit läge also die letzte Vergletscherung dieses Gebiets hinter uns, während Heim auf Grund der interglazialen Schieferkohlenbildung und der interglazialen Talbildungen 100000 Jahre für den Zeitraum annimmt, der uns von dem Beginn der ersten trennt.

Man braucht nicht besonders hervorzuheben, daß solche geologische Uhren immer sehr ungleich gehen. Wenn wir den einfachsten Fall der Schwemmgebilde an der Mündung eines Flusses annehmen, so mußten diese in größerer Menge abgelagert werden, solange der Fluß freiere Bahn hatte; mit jeder neuen Jahresablagerung erschwert er sich selbst seinen Weg, verringert sein Gefäll, läßt Niederschläge weiter oben fallen. Das heißt also, diese Uhr geht immer langsamer, je älter sie wird. Für den Meeresboden sind wir aus guten Gründen berechtigt, Hebungen und Senkungen anzunehmen, wofür uns die Korallenriffe und die Strandlinien in allen Teilen der Erde Beweise liefern. Eine sinkende Küste vermindert nun offenbar den Weg des Unterlaufes der in sie mündenden Flüsse, eine steigende vermehrt ihn. Ein sinkender Meeresboden bedeutet ebenso

---

[1]) Über das absolute Alter der Eiszeit. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1894 S. 180.

sicher, daß ein größerer Teil seiner kalkhaltigen Niederschläge durch die mit zunehmender Tiefe wachsenden Kohlensäuremengen aufgelöst wird. Andererseits kann über demselben der Bau der Korallenriffe immer weiter gehen, da die zum Bauen nötige Entfernung zwischen Riff und Meeresfläche durch die Senkung immer offengehalten wird. Wir wissen jetzt auch, daß hohe Temperatur den organischen Niederschlag von kohlensaurem Kalk aus dem Meerwasser begünstigt, mehr als hoher Salzgehalt. Alle diese Einwürfe bedeuten die Notwendigkeit, die Beobachtungen zu vervielfältigen. Man müßte dazu kommen, den Betrag der Ablagerung des Schuttes der Brandung, der Fracht schuttführender Eisberge und Eisfelder, der Gletscher, die unmittelbar ins Meer fließen, des Staubes, den der Wind hinausträgt, mit dem Betrag der Ablagerungen der Flüsse in Seen und Sümpfen zu einem Durchschnitt zu vereinigen. Nehmen wir aber auch an, es gelänge, den Betrag aller dieser Abtragungen zu schätzen, wer würde nun bereit sein, etwa mit A. R. Wallace von der Voraussetzung aus, daß die Länder durchschnittlich um 1 cm in 100 Jahren abgetragen werden, zu dem Schluß zu gelangen, Nordamerika könne noch drei Millionen Jahre halten? Abgesehen von der Einsetzung einer falschen Zahl für die mittlere Höhe dieses Festlandes, 228 m statt 650 m (nach Penck), was will eine solche Rechnung besagen, die die Höhe des Landes als nur durch Abtragung veränderlich annimmt? Wissen wir doch alle, daß Nordamerika gerade so wie Nordeuropa noch in postglazialen Zeiten erhebliche Höhenschwankungen erfahren hat. Wallace weist auf diese Fehlerquelle hin, aber seine Rechnung bleibt nichtsdestoweniger ein abschreckendes Beispiel des leichtfertigen Spielens mit der Zeit in dieser Art von Spekulationen.

Eine Reihe von Methoden der Altersbestimmung der Erde faßt die Abtragung der löslichen Bestandteile der Erde ins Auge und sucht sie im Salzgehalt des

Meeres wiederzufinden. Voraussetzend, daß das Wasser der Erde ursprünglich durchaus süß war, meint Joly aus der Menge der jährlich dem Meere zugeführten Salze die Zeit berechnen zu können, die nötig war, um den heute erreichten Salzgehalt hervorzubringen. Er greift Natrium heraus und schließt, weil im Meer neunzig Millionen mal soviel Natrium ist als alle Flüsse der Erde in einem Jahre dem Meere zuführen, daß die Bildung des Meeres neunzig Millionen Jahre gebraucht habe. In dieser Rechnung sind höchst ungleichwertige Größen. Man mag die Menge des Natriums des Meeres annähernd schätzen können; auch die Menge des jährlich zufließenden Wassers kann noch mit einem nicht zu großen Fehler veranschlagt werden; mit der Menge des zugeführten Natriums ist es schon ganz anders, denn die wenig darauf untersuchten Abflüsse vulkanischer Gebiete zeigen z. B. viel mehr davon, als die gewöhnlichen Flüsse.[1]) Aber ganz unsicher werden die Schätzungen, wenn man den Einfluß größerer vulkanischer Tätigkeit früherer Erdperioden, die Auflösungstätigkeit des Meeres selbst an seinen Gesteinen — auch ohne Rücksicht auf etwaige höhere Meerestemperaturen der Vorzeit — und die Ausscheidungen durch austrocknende Meeresteile in Betracht zieht. Da genügt es nicht, „einige“ zehn oder dreißig Millionen Jahre abzuziehen (Sollas),[2]) sondern die ganze Methode ist unbrauchbar.

Den ersten Versuch einer Chronologie der Schichten der Erde machte i. J. 1762 der deutsche Geologe Füchsel. Aus der Dicke der Schichten wollte er die Dauer, die zu ihrer Bildung nötig war, ableiten. Einen verwandten, aber

---

[1]) Nach Walter Maxwell, Lavas und Soils of the Hawaiian Islands S. 173, enthalten die fließenden Gewässer der hawaiischen Inseln 0,0245 Natrium p. 1000 gegen 0,00573 in gewöhnlichen großen Flüssen.

[2]) Report British Association for the Adv. of Science 1900 S. 721.

besonderen Weg schlug Mellard Reade ein, indem er, die Ergebnisse der Challenger-Expedition verwertend, die Kalksalze, die erfahrungsmäßig im Flußwasser dem Meere zugeführt werden, mit den im Meere gelösten oder niedergeschlagenen verglich; er schätzte die Zeit, die zur Bildung einer 1 m tiefen Lage von Kalkstein auf dem Meeresboden erfordert wird, auf mehr als 3000000 Jahre, und da er nun annimmt, daß alle Kalksteine der Erde, gleichmäßig ausgebreitet, eine mehr als 160 m dicke Schicht bilden würden, kommt er dazu, 600 Millionen Jahre für ihre Bildung in Anspruch zu nehmen. Diese Summe verteilte er gleichmäßig auf drei Gruppen von Formationen, indem er je 200 Millionen Jahre den Reihen Laurentisch bis Silurisch, Devonisch bis Trias, Jurassisch bis Quartär zurechnete.

Vor der Anwendung der durch das Studium der Abtragung und Ablagerung gewonnenen Einsicht auf die ganze Reihe der bekannten Sedimendärschichten der Erde stehen noch zwei Fragen: Wie groß ist die Mächtigkeit dieser Schichten? und: Wie rasch geht ihre Bildung aus den abgetragenen Stoffen im Durchschnitt vor sich? Die erste Frage wird heute mit ziemlich großer Sicherheit für alle versteinerungsführenden Ablagerungen in dem Sinne beantwortet, daß 30000 m für deren Gesamtmächtigkeit als nicht zu hoch angenommen werden, was für die Zeitschätzung eine Dauer von 700 Millionen Jahren bei langsamer, von 75 Millionen bei schneller Ablagerung bedeutet. Wir haben gesehen, wie viel wahrscheinlicher die erstere ist. Die Nordamerikaner sind bereit, die Reihe noch um etwa 20000 m in die versteinerungslosen präkambrischen Schichten zu verlängern.

Über das Tempo der Ablagerung der Sedimente und damit der Schichtenbildung kann heute eines von vornherein festgestellt werden: wir sehen keine Änderung desselben in der geologischen Reihe. Die papierdünnen

Schichten, deren reiche Lebewelt gewaltige Zeiträume ahnen läßt, in denen jene abgelagert wurden, finden wir in jüngsten und älteren Formationen; nichts deutet auf raschere Sedimentierung in älteren Zeiten. Gerade darin ist die Auffassung der Uniformisten unverändert geblieben und fast allgemein angenommen. Charles D. Walcott hat 1893 in der Vice-Presidential Address der geologischen Sektion der American Association for the Advancement of Science[1]) diese Frage sehr eingehend behandelt. Er findet in den paläozoischen Schichten der Westgebirge Nordamerikas nirgends eine Andeutung, daß eine stärkere Niederschlagsbildung stattgefunden habe, als in späteren Perioden, und faßt sein Urteil in die Worte: „Wenn wir nach den Niederschlägen urteilen, die heute in den großen Meeren gebildet werden, hat der Niederschlag von Kalk in der Vergangenheit so stetig und ununterbrochen stattgefunden wie jetzt und war ebenso wechselnden Einflüssen der Wärme, des Lebens, der Wassertiefe u. a. ausgesetzt." Was aber die einst weiter verbreitete Voraussetzung anbelangt, daß die der Ablagerung der Schichtgesteine vorangegangenen kristallinischen Gesteine sowohl wegen ihrer eigenen Beschaffenheit als wegen der anders zusammengesetzten und wärmeren Luft ungemein rasch zerkleinert worden seien und daß darin die Erklärung für die Mächtigkeit der Schichtgesteine der paläozoischen Formation liege, so geht sie von einer Erstarrungskruste aus, die tatsächlich unserer Beobachtung gar nicht zugänglich ist. Da wir nun die Erstarrungskruste für ein Ding halten, das an und für sich hypothetisch ist, weil es die unbewiesene feurig-flüssige Erde voraussetzt, und da wir, davon abgesehen, nichts von einer Erstarrungskruste wissen können, die, wenn sie da war, weit hinter den allerältesten Gesteinen der Erde liegen muß, können wir diese Annahme gar nicht wissen-

---

[1]) Abgedruckt in den Smithsonian Reports 1894 S. 301 u. f.

schaftlich behandeln. Was Prestwich in seiner „Geology“ (1886) und Wallace in „Island Life“ davon sagen, bestärkt nur diese Ansicht; es gehört dem Gebiet der geologischen Mythologie an. Etwas ganz anderes sind die räumlichen Ungleichheiten der Ablagerung. Wir wissen nicht bloß, daß dieselbe Formation oder sogar Formationsgruppe in einem Lande sehr dünn und in einem anderen sehr mächtig abgelagert werden kann, wie denn schon die Silurschichten in Schweden fast verschwinden vor der Mächtigkeit derselben Schichten in Nordengland, sondern müssen allgemein annehmen, daß in der Vorzeit gerade wie in der Gegenwart die Süßwasserbecken kleiner und seichter waren und die Meere größer und tiefer. Und so sind denn auch die Süßwasserbildungen, die aus der Vorzeit erhalten sind, durch geringe Mächtigkeit ausgezeichnet und keine fortlaufenden Entwicklungsreihen von Lebewesen lassen sich aus ihren Schichten entnehmen. Die großen Sandsteinformationen des Devon, des Buntsandsteins, des Keupers sind verhältnismäßig rasch in Binnenseen oder Lagunen, die produktive Kohlenformation langsamer in Lagunen und Deltas, der Kreidekalk, der Grünsand dagegen äußerst langsam in ozeanischen Tiefen abgesetzt worden. Für die heutigen Meere ergibt sich entsprechend aus den Berichten von Murray und Renard, daß die Ablagerung auf dem Meeresboden am raschesten in der terrigenen Zone stattfindet, am langsamsten in den Gebieten des roten Tons; tropischer Globigerinenboden wächst rascher als außertropischer Diatomeenboden, den Kiesel- und Kalkniederschläge zusammensetzen, rascher als Radiolarienboden. Der Zeitwert gleichdicker Ablagerungen wird also sehr verschieden sein und man wird niemals aus der Dicke allein auf die Dauer der Zeit schließen können, die zu ihrer Bildung nötig war. Die Schätzung der Ablagerung führte zu brauchbaren Ergebnissen überhaupt immer nur dort, wo es sich um jene schon oben erwähnten

Schätzungen der Arbeit heute noch fließender Flüsse unter ähnlichen klimatischen und Boden-Verhältnissen handelt wie heute. Die Hoffnung ist aber nicht aufzugeben, daß die Vervielfältigung solcher Beobachtungen immer besser in den Stand setzen wird, eine Schätzung der Zeit zu versuchen, die erforderlich war, um eine Schicht von gegebener Dicke zu bilden. Daß die Bedingungen, unter denen Ablagerung und Abtragung stattfinden, so verschiedenartig sind, schließt nicht aus, daß einige von ihnen isoliert beobachtet werden. James Geikie sagte noch jüngst: „Und wenn zwanzig Geologen ebensoviel unabhängige Angaben über die Dauer der Steinkohlenperiode machen sollten, würden nicht zwei davon auch nur annähernd übereinstimmen. Doch würde zweifellos jeder von ihnen gern zugeben, daß die fragliche Periode wahrscheinlich mehrere Millionen Jahre umfassen müsse".[1]) Wir meinen, daß damit schon ein schönes Ergebnis erreicht sei. Noch unter den Zeitgenossen Lyells oder L. von Buchs hätte die Mehrzahl mit dieser Zeitschätzung nicht übereingestimmt, die Zeitgenossen Huttons aber hätten eine Blasphemie darin gesehen und nicht einmal ein paar Jahrhunderte dafür verwilligt. Es ist also ein nicht unbeträchtlicher Fortschritt in hundert Jahren gemacht worden und kein Grund spricht für ein Stehenbleiben.

Wir werden von der Gegenwart rückwärts gehend mit einem Zeitmaßstab, den etwa die Vorgänge und Leistungen der Quartärperiode gegeben haben, das Ziel erreichen, eine bestimmte Perspektive als wahrscheinlich und eine andere als unwahrscheinlich zu erkennen. Besonnene Beurteiler der Frage haben auch nicht mehr angestrebt. Mellard Reade spricht es in seiner Arbeit „Kalkstein als

---

[1]) A White-hot Liquid Earth and Geological Time. Scottish Geographical Magazine 1900 XVI S. 60.

ein Maßstab für geologische Zeit" [1]) deutlich aus, daß er nur das Minimalalter der Erde angeben und nachweisen wollte, die geologische Zeit habe Raum für alle organischen und unorganischen Veränderungen, die wir kennen. Vielleicht verdeutlicht diesen Wert am besten die Umgestaltung unserer Ansichten über die Eiszeiten und die Postglazialperiode, die zwischen der Eiszeit und der Gegenwart liegt. Nicht darin wird man ihn suchen, daß an die Stelle der 30000 Jahre, die sonst als größtmögliche Dauer der ganzen Quartärzeit angenommen wurden, heute 25000 Jahre für die Postglazialzeit, 200000 Jahre für die beiden Interglazialzeiten und 300000 Jahre für die Glazialzeit angenommen werden (Penck). Ich lege vielmehr das Gewicht darauf, daß dadurch überhaupt einer im wahren Sinne des Wortes geschichtlicheren Auffassung eines wichtigen Abschnittes in der Geschichte der Erde der Weg gebahnt wird. Es schalten sich immer mehr erdgeschichtliche Vorgänge in die weiter werdenden Abschnitte dieser großen Periode ein, wie z. B. die oben angeführten Schwankungen der Ostsee und andere Niveauveränderungen, Umgestaltungen der Pflanzendecke, Entwicklungen des prähistorischen Menschen; kurz: wir gewinnen den Raum und die Grenze für ein Bild von dem wirklichen Verlauf eines erdgeschichtlichen Abschnittes, der freilich nur ein Tag im Vergleich zu den geologischen Jahresreihen ist, deren Reste und Spuren in der Erde liegen.

Als ich zufällig dieser Tage Rudolph Credners Darstellungen der Entwicklungsgeschichte der Ostsee in den Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher, Lübeck 1895, und in einem Aufsatz „Das Eiszeitproblem" (S. 12 aus dem VIII. Jahresbericht der Geographischen Ges.

[1]) Vortrag vor der Royal Society, London 1879. In der Sammlung Chemical Denudation and Geological Time 1879 wieder abgedruckt.

zu Greifswald) verglich, sagte ich mir: mit der schärferen Sonderung der Glazial- und Interglazialzeiten hängt sichtlich die Überzeugung von außerordentlich langen Zeiträumen zusammen, der dieser hervorragende Ostseeforscher gerade in der letzten Veröffentlichung Ausdruck gibt.

Die Zerlegung der „Eiszeit" in drei oder vier „Eiszeiten" hat also nicht bloß den allgemeinen Wert, daß dadurch die Zeitfolge schärfer bestimmt wird, das ist zwar ein wichtiges Ergebnis; die Hauptsache ist doch, daß in der Zeitschätzung ein Derwahrheitnäherkommen ist, das immer auch zu einer noch genaueren Schätzung der Zeitdauer führen wird.

Nicht zufällig nun ist dieses Ergebnis auf uniformistischem Weg gewonnen. Von Hutton geht eine geradlinige Deszendenz dieser chronologischen Richtung durch v. Hoff und Lyell zu den Glazial- und Quartärforschern unserer Zeit, unter denen, wiederum nicht zufällig, die hervorragendsten, wie A. Geikie und Penck, sich am eingehendsten und fördersamsten mit der Zeitfrage beschäftigt haben. Das alles führt auf die Eigenschaft dieses Problems zurück, nur von der Gegenwart aus rückschreitend gelöst werden zu können. Der Nährboden der Erkenntnis ist hier die einst mißfällig betrachtete Oberflächengeologie.

10. Kapitel.

Schätzungen auf Grund der Abkühlungshypothese.

Die bisher genannten Methoden, aus der Zeitfolge zur Zeitschätzung zu gelangen, stehen mit ihrer beschränkten Tragweite recht bescheiden neben der fast allgemein angenommenen Anwendung der Abkühlungs- und Einschrumpfungshypothese. Es sei aber von vornherein offen ausgesprochen, daß alle Arbeit, die nach dieser letzteren

Methode auf die Bestimmung des „Alters der Erde“ — schon dieser Ausdruck klingt bedenklich — verwendet wurde, bis heute vergeblich gewesen ist. Man kann nicht von einem praktischen Ergebnis sprechen, wenn die Schätzungen zwischen Millionen und Milliarden von Jahren liegen. Höchstens könnte man es beachtenswert finden, daß seit der Zeit, wo Lyell 240 Millionen Jahre von Beginn der Silurperiode an, mit Ausschluß der Primordialreihe und der laurentischen Schichten, forderte, und Darwin eine ähnliche Zeitdauer für möglich hielt, nach einem durch Tait und Thomson, deren Annahmen zwischen 10 und 20 Millionen liegen, verursachten Rückschlag, die Neigung zu großen Zahlen eher zugenommen hat, allerdings zugleich damit auch die Abneigung gegen bestimmte Angaben. Typisch dafür ist Archibald Geikies Ausspruch, der, von den bekannten Geschwindigkeiten der Ablagerung von Sedimenten ausgehend, die zwischen 2400 und 22000 Jahren für einen Meter schwankt, je nachdem man die rascheste oder langsamste Sendimentierung annimmt, auf 73 oder 680 Millionen Jahre, kommt: also „irgendwo zwischen 100 und 600 Millionen“ mag die gesuchte Zahl liegen.[1])

Ich spreche wohl keine rein persönliche Empfindung aus, wenn ich sage, daß dieses Haschen nach irgend einer bestimmten Zahl, seien es nun Zehner oder Hunderte von Millionen von Jahren, da man sich dabei aber doch der Unsicherheit solcher Zahlen bewußt ist, einen unerfreulichen Eindruck machte. Selbst im Munde eines Lord Kelvin oder Alfred R. Wallace verrät es einen auffallenden Mangel an wissenschaftlicher Vorsicht. Der letztere sagt in „Island Life“ (1870 S. 205 2. ed. S. 212): „Wenn die seit der kambrischen Periode verflossenen 200 Millionen Jahre richtig

[1]) Die Dicke der „festen Erdkruste“ wird auch sehr verschieden angenommen. Alexander v. Humboldt schätzte sie auf 45 km, Elie de Beaumont auf 40—50, Quatrefages auf 26 km.

eingeschätzt sind, dann kann die vom Beginn des Lebens an verflossene Zeit nicht viel weniger als 500 Millionen sein." Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß sie länger war. Gegenüber solchem Spielen mit Zahlen finden wir ganz berechtigt die Ironie in T. G. Bonneys Klage: „Wir Geologen müssen uns über W. Thomson beschweren. Vor Jahren setzte er unseren Kredit in der Bank der Zeit auf 100 Millionen Jahre herab. Wir murrten, versuchten aber unsere Bezüge entsprechend zu vermindern. Nun hat er plötzlich seine Schiebfenster zugemacht und kündet eine Zahlung von 20% an. Ich nehme an, daß irgend ein geschädigter Aktionär diesen Bankdirektor verklagen wird."[1]) Hier handelt es sich immer nur um die Schätzungen eines bestimmten Zeitabschnittes, wo wenigstens nicht ganz ausgeschlossen ist, daß man einmal zu einer allgemeinen Schätzung gelangen könnte.

Das eigentliche „Alter der Erde" zu bestimmen, sollte dagegen heute kein wissenschaftlicher Kopf mehr wagen; denn wenn er auch ganz überzeugt ist, daß die Erde aus einem glühenden Gasball entstanden sei, gibt es doch nicht den kleinsten Anhalt auch nur für die Schätzung des Zeitpunktes, in dem sie sich aus dem Urnebel abgesondert hat. Buffon nahm bereits 74000 Jahre für die Abkühlung der Erde von der Loslösung aus der Sonne bis zu ihrer heutigen Temperatur an; aber wie kindlich stand er der Geschichte der Erde gegenüber! Ihm ist ein solcher Versuch nicht zu verdenken. Wenn dagegen C. G. Darwin mindestens 56 Millionen Jahre für die Zeit seit der Trennung des Mondes von der Erde annimmt, J. Joly für die Zeit seit der Verdichtung der Meere 80 bis 90 Millionen, so sind das Phantasien, die wir höchstens nur darum ernst nehmen, weil in ihnen eine Gefahr der Selbsttäuschung über das liegt, was hierin überhaupt zu wissen möglich ist.

---

[1]) The Foundation stones of the Earth Crust 1888 S. 12.

Hinter dem großen Wort „Bestimmung des Alters der Erde“ verbirgt sich fast immer nur die Schätzung der Zeit seit der Bildung der hypothetischen Erstarrungskruste, auf der Wasser zu Meeren sich sammelte und in denen dann zum ersten Male Leben sich bildete. Wie das vor sich ging, liegt im Dunkeln. Es ist auch nur eine wissenschaftliche Dichtung, noch lange nicht Hypothese, wenn der Oxforder Geolog Sollas, der die Meeresbecken als eine Folge des Druckes des auf der eben erstarrten Erdkruste sich sammelnden Meeres auf seine Unterlage ansieht, erzählt, wie zuerst alles Wasser in der Atmosphäre war und gleichmäßig auf die ganze Erdoberfläche drückte, dann aber sich an einzelnen Stellen sammelte, wodurch sich der Druck über dem sich bildenden Land verminderte und sich über dem eben entstehenden Meeresboden vermehrte; infolge jener Verminderung verflüssigte sich das Magma unter den Landarealen und hob diese zu Erdteilen empor! Wenn Sollas noch hinzufügt, zwischen dem anfänglichen Zustand der Erhitzung, in dem das Meer Silikate auflöste, und einem Zustand, der nicht weit von dem heutigen entfernt war, lägen wahrscheinlich nur ein paar Hundert Jahre, und eben deshalb seien die chemischen Sedimente aus der heißen Lauge wenig beträchtlich,[1]) so hört wissenschaftliches Denken auf.

Der hypothetische Glutzustand, von dem hier Sollas ausgeht, bildet auch für die meisten anderen Schätzungen des Alters der Erdrinde in der Weise den Ausgangspunkt, daß man die Schmelzpunkte der Gesteine bestimmt, die die Erde aufbauen, und, indem man dann die Erde sich bei der Temperatur denkt, wo sie eben noch an der Oberfläche geschmolzen war, aus dem fortschreitenden Wärmeverlust den Zeitpunkt der Erstarrung und aus der Dicke

[1]) Report British Association for the Adv. of Science 1900 S. 716.

der heutigen Erdrinde die Dauer des gleichmäßig fortgegangenen Abkühlungsprozesses zu erraten meint. Das eben ist der Weg, den Lord Kelvin, damals noch William Thomson, beschritt, als er sich gegen die Übertreibung des Uniformismus in der Lyellschen Geologenschule wandte. Aber man kann nicht sagen, daß er auf demselben sein Ziel erreicht hat, eine physikalische Erklärung der Entwicklung der Erde zu geben. Wohl sind die beiden Hypothesen, auf die er sich stützt, von vielen angenommen: die sogen. Kant-Laplacesche und die gleichmäßige Zunahme der inneren Erdwärme bis mindestens zum Schmelzpunkt derselben Silikatgesteine, von denen man glaubt, daß sie die ganze Erdrinde bilden. Was nun gegen die Erhebung der Kant-Laplaceschen Hypothese zu einem Axiom der Erdgeschichte spricht, habe ich an anderer Stelle zu begründen gesucht.[2]) Hier möchte ich nur noch einige Worte über die Art sagen, wie Lord Kelvin und seine Nachahmer über die Forderungen aus der Geschichte des Lebens und der Erde hinweggehen. Im Vergleich mit diesen sind ihre beiden hypothetischen Stützen völlig morsch, weshalb denn die Schlüsse, zu denen sie gelangten, in der Luft stehen. Welche Selbsttäuschung, zu glauben, auf solcher Grundlage könne man der Erd- und Lebensgeschichte eine Chronologie aufzwingen, die in vollem Widerspruch zu den nun mehr als 100 Jahre fortgesetzten Forschungen über die Geschichte des Lebens steht, die doch auch ein Stück Geschichte der Erde ist. Das Unbehagen, das man gegenüber einem solchen Beginnen empfindet, wird nur wenig durch das Interesse gemindert, womit man den Versuch betrachtet, eine Aufgabe, die wesentlich geschichtlicher, d. h. erdgeschichtlicher Natur ist, ohne Rücksicht auf die Forderungen der Methoden

---

[2]) Die Kant-Laplacesche Hypothese und die Geographie. Geographische Mitteilungen 1900.

der Entwicklungswissenschaften[1]) zu behandeln. Indem Thomson seinen Fall so einfach wie möglich zu machen sucht, vernachlässigt er alle Wechselbeziehungen zwischen den Planeten und dem Weltraum und alle Möglichkeiten des Eingreifens innerer Prozesse in den Ablauf der von ihm angenommenen Abkühlung und Erstarrung des weißglühenden Balles aus geschmolzenem Gestein, den er an den Anfang seiner Spekulationen setzt. Er geht also gerade so einseitig vor, wie Kant, der noch nichts von Meteoriten und Meteorschwärmen, Meteorstaub und überhaupt einem stofferfüllten Weltraum wußte, und ist ebenso fern, trotzdem er Robert Mayer zitiert, von dem Gedanken an die Zurückverwandlung von Bewegung in Wärme im Innern des erstarrenden Weltkörpers. Es ist charakteristisch für den Physiker, daß er dem ungeheuer verwickelten Prozeß der Erdbildung durch eine so gewaltsame Vereinfachung näher kommen will, wobei er seinen wissenschaftlichen Horizont in einer Weise verengt, die schon im Jahr der ersten Veröffentlichung[2]) nicht mehr erlaubt war.

Nur eine Modifikation des einfachen, geradlinigen Abkühlungs- und Erstarrungsprozesses läßt er zu, wobei er ebenfalls einen Gedanken von Robert Mayer verwertet, auf den vorher (1840) James Thomson hingewiesen hatte, nämlich, daß die Umdrehung der Erde sich durch die Reibung der Gezeiten verlangsamen muß. Daraus folgert er, daß sie auch nicht immer dieselbe Form gehabt

---

[1]) vgl. oben im 2. Kapitel des 2. Teiles.

[2]) On Geological Time. Address delivered before the Geological Society of Glasgow 1868. Eine kürzere Veröffentlichung über denselben Gegenstand war schon 1865 vorausgegangen. Man muß indessen eines bedenken: Lord Kelvins Spekulationen über die Anfänge der Erde und die geologischen Zeiträume entstanden zuerst als Rückschlag gegen die Abneigung der Uniformisten, von einem Anfang der Erde zu reden. Hatte doch Hutton ausdrücklich erklärt, in der Geschichte der Erde gebe es weder Anfang noch Ende.

haben könne, wie heute, sondern einst stärker abgeplattet gewesen sei. Gemeinsam mit Tait setzt er nun voraus, daß die Erde die Form behalten haben müsse, in der sie erstarrt sei, und zieht daraus die Folgerung, daß wenn sie vor sehr vielen Millionen Jahren erstarrt wäre, sie in einer durch die raschere Umdrehung abgeplatteteren Form erstarrt sein müßte. Daß die Abplattung der Erde dennoch so gering ist, gilt ihm daher als Hauptargument für die Annahme einer verhältnismäßig sehr kurzen Zeit seit der Bildung einer Erdrinde. Dabei ist vollständig die durch die Gebirgsbildung nachgewiesene Plastizität der scheinbar starren Gesteine übergangen, die, wie die archäischen Gebirge beweisen, immer bestand und offenbar eine wesentliche Eigenschaft der Gesteine der Erde ist. Auch diese würde der Vereinfachung des Falles nicht entsprochen haben, wird daher nicht erwähnt. Da aber Thomson die Bildung der ältesten Gebirge und den damit zusammenhängenden Unterschied zwischen Kontinenten und Meeresbecken aus der einfachen gleichmäßigen Abkühlung seines weißglühenden Lavaballes nicht zu erklären weiß, sucht er innere Verschiedenheiten der geschmolzenen Masse dafür anzuziehen. Wie hätten sich aber diese in einem Abkühlungsprozeß, der von großen inneren Strömungsbewegungen begleitet sein mußte, erhalten können? Gerade die ältesten Gebirgsbildungen sprechen nicht bloß gegen diese Hilfshypothese, sondern auch gegen die vorausgesetzte rasche Erstarrung.

Die Alleghanies, die gegen das Ende des paläozoischen Zeitalters gefaltet wurden, umschließen Schichten, deren Gesamtmächtigkeit 12 000 m überschreitet; mindestens soweit mußte also die Erstarrung durch Abkühlung schon in die Tiefe der Erde vorgedrungen gewesen sein. Daß sie aber schon lange vorher tief eingedrungen war, beweisen die Gerölle kambrischer und vorkambrischer Schichten, die Gebirge voraussetzen, aus deren Zerklüftung und in deren

hinabeilenden Flüssen sie entstanden sein müssen. Eine solche Übereinstimmung in so tief hinabreichenden Bildungen schließt aber einen Unterschied des Wärme- und Erstarrungszustandes der Erde, wie Lord Kelvin ihn voraussetzt, unbedingt aus, denn nicht bloß müssen mächtige Schichtenkomplexe als Material der Faltenbildung schon zu einer Zeit vorhanden gewesen sein, die für ihn unmittelbar hinter der Erstarrung liegt, es muß auch der Übergang vom plastischen in den starren Zustand, der heute die Erdrinde charakterisiert, damals schon bestanden haben.[1])

Die geothermischen Tiefenstufen, auf denen Thomson und seine Nachfolger ihre Schätzung des Alters der Erde aufbauen, sind nicht festgestellt und werden es nicht so bald werden. Weit entfernt davon, einheitlich zu sein, zeigen sie schon in den beschränkten Gebieten, wo sie bis heute bestimmt wurden, große Unterschiede. Die genauesten und zugleich tiefgehenden Messungen sind wohl die von Schladebach bei Merseburg; sie zeigen eine Zunahme um 1° auf 39,5 m an. Früher hatte Prestwich aus zahlreichen, aber verschiedenwertigen Beobachtungen mittlere Tiefenstufen von 28 m für artesische Brunnen, 27,5 m für Kohlenbergwerke und 23,6 m für andere Bergwerke berechnet. Nun haben wir aber auch Gebiete mit viel langsamerer Wärmezunahme. Und wenn man etwa von der ungewöhnlich geringen Wärmezunahme ausgeht,

[1]) Die Einwürfe gegen die Lord Kelvinschen Zeitschätzungsversuche aus der Gebirgsbildung hat James Geikie in dem Aufsatz A. White-hot Liquid Earth and Geological Time im Scottish Geographical Magazine 1900 zusammengefaßt. Ebenda S. 63 bezeichnet er die Gebirgsbildung durch „Krustenfaltung infolge säkularer Abkühlung der Erdkugel“ als die allgemeine Ansicht und fügt hinzu, sie sei die einzig mögliche; wenn sie nicht bewiesen werden könne, werde die Gebirgsbildung überhaupt unerklärlich. Früher hatte die Geschichte dieser Diskussionen Archibald Geikie in seiner Presidential Address bei der Edinburgher Versammlung der British Association (1892) geistreich erzählt; vgl. Report S. 18 f.

die Alexander Agassiz am Oberen See beobachtet hat, 1° auf 120 m, so erhält man natürlich ganz andere Ergebnisse für die Abkühlung der Erde. Aber eben diese Verschiedenheiten der Wärmezunahme müssen uns lehren, daß die einfachen Multiplikationsexempel Lord Kelvins und seiner Genossen nichts als Spielereien sind, deren Methoden in einem argen Mißverhältnis zu der Schwierigkeit der Sache stehen. Außerdem rechtfertigt aber auch nichts in den vorliegenden Beobachtungen die Annahme einer gleichmäßigen Zunahme der Wärme nach dem Erdinnern zu; dafür ist die Tiefe von noch nicht 2000 m, aus der die tiefsten Messungen stammen, doch viel zu klein; sie beträgt nur etwa ein Dreitausendstel des Erdhalbmessers.

Verschiedene Forscher sind durch die Summierung der inneren Erdwärme bis zu dem Schmelzpunkt der Silikate und schweren Metalle allerdings zu Zahlen gelangt, die nicht übermäßig weit auseinanderliegen. Lyell nannte 240 Millionen Jahre, wobei er die Primordialformationen ausschloß, Darwin fand 200 Millionen noch nicht genügend, Archibald Geikie spricht von 100 bis 680 Millionen, Croll nimmt gegen 100, Upham ebensoviel, Lapparent „seit dem Festwerden der Erdrinde“ 67 bis 90 Millionen an. Das sind im Vergleich mit den 3 Millionen von Winchell, den 10 von Tait, den 20 von Thomson, den 30 von Wallace Zahlen, die man fast noch in eine Gruppe zusammenordnen kann. Aber aus ihrer Ähnlichkeit einen Schluß auf ihre annähernde Richtigkeit zu ziehen, wäre verfehlt, denn sie ruhen alle auf derselben schwankenden Grundlage, und gerade die ähnlichsten, die von Lyell und Darwin, sind derselben hypothetischen Überlegung entsprungen.

Auffallenderweise haben die meisten Erstarrungstheoretiker das Meer ganz aus dem Spiel gelassen; sie folgten offenbar auch darin dem Trieb zur Vereinfachung des Problems, der jedoch in diesem Falle unlogisch ist.

Aber wenn die Zusammenziehung der Erde durch Abkühlung wirklich eine notwendige Erscheinung wäre, müßte doch das Verhältnis des Meeres zur Erde sich beständig in dem Sinne ändern, daß das Meer größer, das Land kleiner würde; denn es ist klar, daß, wenn die Erde sich zusammenzieht, während das Meer unverändert bleibt, die Teile der Erde, die vorher über das Meer hervorragten, ebenso wie der Meeresboden, tiefer gelegt werden müssen. Gibt es nun für solche Folgen der Abkühlung und Zusammenziehung der Erde Beweise? Zunächst finden wir bei vielen Geologen und Paläontologen die dieser Annahme gerade entgegengesetzte Überzeugung, daß das Meer größer gewesen sei und im Laufe der bekannten Erdgeschichte sich in kleinere Räume zusammengezogen habe. Sie ist jetzt von manchem aufgegeben, man begegnet ihr aber doch immer wieder. Indessen hat schon die huronische Formation an weitentlegenen Stellen Syenit-, Granit- und Gneißgerölle, die anzeigen, daß der sogen. Fundamentalgneiß einmal an der Oberfläche lag und denudiert wurde. Nur fließendes Wasser oder Brandung kann diese Gesteine gerollt haben, und diese tiefsten Schichten, die wir kennen, bildeten nach diesen Einwirkungen den Boden für die Ablagerung der huronischen Schichten. Das ist, mit anderen Worten, ein Zustand, wie man ihn auch heute an der Nord- oder Ostsee finden könnte!

Eine andere Schwierigkeit stellt sich bei der Betrachtung des Meeres der Annahme einer größeren Erdwärme in der Zeit entgegen, aus der fossilführende Schichten stammen. Eine wärmere Erde setzt ein wärmeres Meer voraus, und ein wärmeres Meer müßte salzreicher sein. Dafür spricht nun gar nichts, wohl aber spricht dagegen die Identität kambrischer Steinsalzlager mit jüngeren, denn aus einem wärmeren Meere würden anders zusammengesetzte Salze sich niedergeschlagen haben. Alle genau bekannten ältesten Lebewesen sind Meerbewohner. Ein

wärmeres Meer müßte sie unabhängig vom örtlichen Klima machen, ihnen also eine Verbreitung über die ganze Erde gestatten. Nun nehmen allerdings manche Paläontologen an, daß die geographische Verbreitung der Meere und der Landbewohner früher viel gleichmäßiger gewesen sei als heute; bis auf die jüngste Zeit seien den einzelnen Arten ungleich größere Verbreitungsbezirke zugekommen als heute.[1]) Wenn diese Annahme begründet wäre, würde sie überhaupt sehr folgenreich sein. Besonders würde sie eine entsprechend kleinere Zahl von Lebensformen in den früheren Perioden der Erdgeschichte und einen entsprechend langsameren Fortschritt derselben voraussetzen.

Nun zeigt uns aber schon das kambrische System auf engem Raum einen Unterschied der Meeresbewohner, wie er später nicht größer vorkommt. Böhmen hat seine kambrische Fauna, die von der Rußlands verschieden ist, und wo immer die unterkambrischen Trilobiten auftreten, zeigen sie eine große Variationslust, erinnernd an den Formenreichtum mancher Käfer- oder Schmetterlingsgruppen. Wenn man sie „morphologische Plastizität" nennt, spricht man schon den Einfluß der äußeren Bedingungen auf diese Abwandlungen aus. Gerade dadurch sind ja die Trilobiten so wichtige Hilfsmittel für die Unterscheidung der geologischen Schichten geworden, daß selbst die dünnsten Schichten ihre besonderen Formen haben, durch die sie charakterisiert werden. Die westamerikanischen und ostamerikanischen Formen des mittleren Kambrium stehen nicht weniger weit voneinander ab, als heute atlantische und pazifische. Wenn wir nun außerdem in diesen uralten Schichten auch schon dem Unterschied der Tiefenzonen des Lebens begegnen, so sehen wir ungefähr dieselben Abstufungen der Lebensbedingungen wie später; jedenfalls

---

[1]) Steinmann, Paläontologie und Abstammungslehre. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1899 Nr. 27.

können wir keine Spur von einer allgemein verbreiteten, einförmig herauswirkenden Erwärmung der Erdoberfläche wahrnehmen.

Weiter sprechen gegen die Erwärmung der Erde von innen heraus noch zwei Eigenschaften des Lebens in dieser alten Zeit: die geringe Größe der einzelnen Lebensformen und die verhältnismäßig schwachen Kalkablagerungen in ihren Geweben. Die Steigerung der Lebensprozesse durch Wärme, die von außen zugeführt wird, ist eine allgemein bekannte Tatsache. Die Lebensfülle der Tropen und die Lebensarmut der Polargebiete illustrieren sie kräftigst. Die kambrische Fauna zeigt nun weder im einzelnen Riesenformen, wie sie später in allen Klassen des Tierreichs aufgetreten sind, noch einen tropischen Individuen- und Artenreichtum. Formen, die später riesenhaft werden, wie die Orthokeratiten, erscheinen vielmehr mit Volborthella und ähnlichen in zwerghaften Vorläufern. Wo absolute Unkenntnis herrscht oder wenigstens von der großen Mehrzahl der Denker vorausgesetzt wird, ergeht sich die Hypothesenbildung in allen Abstufungen und Abartungen, und so gibt es für das Erdinnere alle überhaupt nur denkbaren Annahmen von dem glasartig starren durch das magmatisch-plastische bis zum komprimiert gasartigen Zustande.

Die Auflösungsfähigkeit des Wassers für die verschiedensten Salze würde durch die größere Erdwärme gesteigert worden sein müssen, und aus dem Salzreichtum würde ein entsprechend größerer Anteil von Kalk und Kieselsäure in die Schalen, Gerippe usw. der Tiere übergegangen sein. Die riesige Kalkausscheidung der Riffkorallen, die zentnerschweren Muscheln und dergl. sind tropische Erscheinungen; selbst bei den Landschnecken sehen wir ein Wachstum der Gehäuse an Größe, Stärke, Formenreichtum gegen die warme Zone zu. Wo finden wir im Kambrium diese Wirkung der angeblichen Wärme?

Nirgends. Die kambrischen Lebensformen haben vielmehr in den mittleren Schichten eine so schwache Kalkabsonderung, daß Neumayr sie mit der Abnahme kalkschaliger Formen in unserer Tiefsee von heute vergleicht; er hat eben deshalb mittelkambrische Schichten als Tiefseeablagerungen angesprochen.

So führt uns die Methode der geologischen Zeitbestimmung, die von der heutigen Erdwärme siegreich bis zum Glutball zu schreiten meinte, um keinen Schritt vorwärts. Die bescheidene Messung der Geschwindigkeit der Bildung eines Schuttkegels in einem Binnensee führt tatsächlich viel weiter als die große Deduktion aus der Abnahme der Erdwärme. Jener Maßstab ist sehr klein, aber er ist aus der Beobachtung wirklicher Erdkräfte gewonnen; dieser ist imposant, wächst aber aus der ungesunden Wurzel einer schlecht fundierten Hypothese. Seine Anwendung hat uns weder eine große noch eine kleine Zahl gegeben, mit der man etwas anfangen kann; man trifft auch auf keine der Erscheinungen, die sie voraussetzen muß: weder die Erstarrungskruste noch ein ihr entsprechendes Urmeer, noch endlich jene Zeugnisse für höhere Temperaturen in früheren Jahrmillionen. Da ist wohl die Frage erlaubt: Wenn die Abkühlungs- und Einschrumpfungshypothese gleich bei dem ersten Versuch einer ernsthaften Anwendung auf die Chronologie der Erdgeschichte so vollständig versagt, was ist dann überhaupt von ihr zu erwarten?

Unsere Stellung zur Zeitfrage ändert sich nun sofort, wenn der Inhalt der Erdgeschichte ein anderer wird. Sehen wir einmal von der hypothetischen Abkühlung ab, die uns nicht weiterführt, und erwägen, daß die Erde nicht, wie man anzunehmen pflegt, ein gegen alle äußeren Einflüsse isolierter Körper ist, sondern in einem stofferfüllten Weltraum schwebt, dessen Meteoriten in allen Größen und Formen auf die Erde fallen. Da gewinnt offenbar die Zeit sofort an Bedeutung, denn je länger die Erde diesem Hereinstürzen der Meteoriten ausgesetzt ist, einen um so größeren Anteil nehmen diese an ihrer Bildung. Und je älter die Erde wird, desto größer

und schwerer muß sie werden, um so mehr muß ihre Bewegung sich verlangsamen, die Vereinigung des Planeten mit dem Zentralgestirn wird nähergerückt, kurz, die Erde erfährt eine Entwicklung, die mit der Zeit fortschreitet, in der also die Zeit von so wesentlicher Bedeutung ist, daß es sehr wichtig ist, zu wissen, wieviel Zeit wir für diese Entwicklung anzunehmen haben.

Die Entstehung eines rundrückigen mittleren Gebirges wie des Thüringerwaldes aus einem scharfkantigen Hochgebirge wie den Alpen ist unmöglich, wenn man einmal die beliebigen ruckweisen Hebungen der Katastrophenlehre aufgegeben hat, ohne viel Zeit; mit ihr erscheint sie nicht bloß möglich, sondern wahrscheinlich, ja notwendig. Nicht bloß die eine Erscheinung wird dadurch mit einer anderen verbunden, sondern es werden Gruppen von Erscheinungen miteinander in Verbindung gesetzt, und dadurch wird der erste Schritt zu einer natürlichen Klassifikation gemacht, die ihrerseits die Vorbedingung weiterer Fortschritte ist. Alle Mittelgebirge können nun darauf hin angesehen werden, ob sie einst Hochgebirge waren, deren Spitzen später Felsblock für Felsblock und Sandkorn für Sandkorn abgetragen worden sind. Ein Hügelland, von dem diese Annahme gilt, ist dann älter als ein Mittelgebirge, von dem dasselbe anzunehmen, und dieses als ein Hochgebirge. Die Schlüsse reichen aber weiter. Die großen Konglomeratmassen der Dyas, besonders des Rotliegenden und auch der jüngeren Steinkohlenformation begreife ich erst recht, wenn ich erfahre, daß sie die zerfallenen, von Wasser und Luft bewegten und veränderten Reste alter Gebirge sind. Und wenn man mir ein altes mitteldeutsches Gebirge zeigt, das in großem, der Richtung der Alpen ähnlichem Bogen von Schlesien bis zum Oberrhein zog, so dämmert mir sogar die Möglichkeit, daß die Gebirgsbildung der Alpen eine nach Süden gerückte Wiederholung eines Prozesses sei, der eine Reihe von Millionen Jahren früher zwei bis drei Breitengrade weiter im Norden sich schon einmal abgespielt hatte. Und wenn ich darüber hinaus die noch älteren Gebirgsbildungen des äußersten Nordwestens Europas betrachte, sehe ich die Bodenfaltungen durch die Erdoberfläche hinwandern, wie die Wellenringe über einen Teich. Ich denke aber nicht an diese weiteren Ausblicke, sondern an das Verständnis der nächstliegenden Mittelgebirgs- und Hügellandsformen auf Grund einer zeitreichen Auffassung ihrer Entwicklung. Wenn ich jedes einzelne auf Stöße oder Aufwölbungen zurückführe, gelange ich nicht einmal zu einer zweckmäßigen Klassifikation.

Die Erde wird nicht unmittelbar von der Sonne erleuchtet und erwärmt, sondern von der Sonne geht eine elektromagnetische Induktion aus, die Störungen im Gleichgewicht der der Erde innewohnenden

Energie bewirkt. In der oberen Luftschicht entsteht dadurch das Licht, ähnlich wie in den Geißlerschen Röhren, weiter unten mit dem Wachstum des Widerstandes die Wärme, deren Hauptakkumulator dann die Erde selbst ist, soweit sie fest und flüssig. Auch das Erdinnere empfängt seine Wärme nur auf dem Wege elektromagnetischer Ströme, und ausdrücklich hebt Skwortzow[1]) hervor, daß damit alle vulkanischen und seismischen Erscheinungen auf wenig mächtige, verhältnismäßig oberflächliche Schichten der Erde beschränkt werden. Deren unaufhörlich wechselnde Erwärmung macht aus der Erde mit ihren oberen, wasserdurchtränkten Schichten eine ungeheuere thermoelektrische Batterie, welche chemisch-physikalische Prozesse erzeugt, durch welche Metamorphosen, Verwerfungen, Vulkanismus hervorgerufen werden. Die Erwärmung der Kontinente liegt darin, daß sie keine guten Leiter der Elektrizität sind. Wichtig ist auch, daß die Atmosphäre dielektrisch ist. Branco hat ausdrücklich den Vorzug dieser Hypothese erklärt, auf das glühendflüssige Erdinnere' zu verzichten, flachliegende, isolierte Schmelzherde für vulkanische Erscheinungen zuzulassen.

Es ist sehr interessant, Ansichten zu vernehmen, wie sie die Physiker über das Erdinnere vortragen. Von Zöppritz' Aufsatz „Über die Mittel und Wege zu besserer Kenntnis vom inneren Zustand der Erde zu gelangen“[2]) bis zu Arrhenius' neuester Kundgebung „Zur Physik des Vulkanismus“[3]) haben die Geographen alle nur denkbaren Hypothesen an sich vorübergehen sehen. Gegenwärtig stehen wir bei der Arrheniusschen Dreischichtung: Erdrinde, die nicht ganz ein Prozent des Erdradius einnimmt, flüssige Schicht vier bis fünf Prozent, der Rest Gaskugel unter einem Druck und bei einer Temperatur, die den Gasen so viel Zusammendrückbarkeit und Dichte verleiht, daß sie, was diese betrifft, sich wie feste Körper verhalten müssen. Die schwersten Körper nehmen die zentralen Stellen dieser Gaskugel ein, deren größter Teil aus Metallen von großem spezifischen Gewicht, vielleicht Eisen besteht. Die bewundernswerte Geistesarbeit, die im Bau dieser Hypothesen verwendet wird, ist der Geographie nicht zugute gekommen. Auch die Geologie scheint nur in wenigen Gebieten, wie z. B. der Physik der Vulkanausbrüche, Nutzen davon ziehen zu können. Und gerade hier mutet uns die Rückkehr der Arrheniusschen Ansicht zu der Notwendigkeit des Zutrittes des Oberflächenwassers zum Magma nicht wie ein Fortschritt an.

---

[1]) Soleil, Terre et Electricité, un chapitre de la nouvelle théorie de la terre, Kharkow 1898. Bespr. im N. Jahrb. f. Mineralogie 1899 II, S. 225.

[2]) Verhandlungen des ersten Deutschen Geographentages zu Berlin 1882 S. 15—28.

[3]) S.-A. aus Geol. Fören. Förhandl. Bd. XXII. H. 5.

11. Kapitel.

Die Bestimmung der Zeitfolge durch Lebensformen.

Als die Abkühlungshypothese beschränkte Jahresreihen nannte, die sie der Geschichte der Erde von der Abkühlung der Erdoberfläche an bewilligen könne, suchten die Wissenschaften vom Leben sich damit einzurichten. Aber die Methode der Gewinnung dieser Jahresreihen hat sich als verfehlt herausgestellt, und man ist jetzt genötigt, wenn man nicht im Dunkeln tappen will, die Frage nach diesem Zeitraum umzukehren: Kann aus der Geschichte des Lebens eine Zeitschätzung für die Periode gewonnen werden zwischen den ersten Lebensspuren, die wir kennen, und heute? Und da die Zeit nur eine ist, ob nun die Wärmeausstrahlung oder die Lebensentwicklung in ihr vorgehe, so werden die Abkühlungstheoretiker die Zeitvorstellung, zu der etwa die Paläontologie gelangt, nun auch ihrerseits hinnehmen und ihre Hypothesen derselben anpassen müssen, auch selbst, wenn letztere von Grund aus umgestaltet werden müssen.

Betrachten wir auch in diesem Falle zuerst die leichtere Aufgabe der Bestimmung der Zeitfolge durch die aufeinander folgenden Lebensformen, deren Verschiedenheiten das Mittel an die Hand geben, die Schichten scharf auseinanderzuhalten und dieselbe Gesteinsschicht überall wiederzufinden.

Die Schichten sind für den Erforscher der Erdgeschichte, was die Sterne für den Astronomen, die Arten für den Biologen. Ihre Grenzen und Aufeinanderfolge, ihre Natur und Ursprung bilden die Aufgaben des Geologen. Wie die Grenzen der Arten sind auch die der Schichten nicht scharf zu bestimmen und der Streit darüber füllt einen guten Teil der geologischen Diskussionen, seitdem Werner zuerst in Sachsen die Gesteinsmerkmale und Zeitfolge der Formationen festgestellt hat. Die Ähnlich-

keit zwischen biologischen Arten und geologischen Formationen ist sogar noch tiefer begründet worden, als die Formationen in Zonen geteilt wurden, denn die Zone ist die Folge und Anwendung einer schärferen Artsonderung. Man kann die Zone als die Einheit der paläontologischen Stufenfolge bezeichnen; die Zone ist durch die Gegenwart eines bestimmten Fossils bezeichnet, wo dieses erscheint und verschwindet, liegen die Grenzen der Zone, und je schärfer und zeitlich abgegrenzt ein solches „Leitfossil" ist, um so bessere Dienste leistet es.

Das interessanteste Ergebnis der geologisch-paläontologischen Zonenstudien war zweiffellos die Verbesserung oder Verfeinerung der paläontologischen Hilfsmittel der geologischen Zeitmessung durch schärfere Art- und Abartunterscheidung. Oppels und seiner Nachfolger Streben nach schärferer Sonderung der übereinanderliegenden Arten und Abarten der Fossilien im Interesse der geologischen Chronologie gehört in dieselbe Klasse von Fortschritten wie eine verfeinerte Uhrenkonstruktion, oder noch besser, wie ein Fortschritt in der Lesung von Hieroglyphen oder Keilschrift mit chronologischem Inhalt.

Mojsisovics hat damals das Bedürfnis der Geologie nach besseren Werkzeugen der Zeitmessung am klarsten ausgesprochen. Unterscheidungen von Ammoniten oder Terebratulaarten, die für den bloß klassifizierenden Zoologen hinreichen, genügen nicht dem Geologen, der diese Klassifikation seiner höheren erdgeschichtlichen Aufgabe dienstbar machen möchte. Für den Geologen, sagt er, „haben die einzelnen Entwicklungsstadien eine chronologische Bedeutung, und er würde sich freiwillig der kostbarsten Dokumente begeben, wenn die in bestimmter geologischer Altersfolge auftretenden Zwischenformen in eine sogen. ‚gute Art' zusammengezogen würden." [1]

---

[1]) E. Mojsisovics von Mojsvár, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, Wien 1879, Anm. zu S. 3.

Je empfindlicher die Lebewesen für Änderungen ihrer äußeren Bedingungen sind, um so besser eignen sie sich für die Messung der geologischen Zeit. Für denselben Zweck macht sie auch eine feinere, verwickeltere Stuktur geeigneter, die eine größere Anzahl von Merkmalen der Unterscheidung liefert. Wenn man sie also sozusagen als Zeiger an der Uhr der geologischen Zeit schätzt und vergleicht, sind die Säugetiere weitaus besser als die Reptilien, diese besser als die Fische, diese wieder besser als Weichtiere, und Tiere im allgemeinen besser als Pflanzen. Beide Eigenschaften faßte O. Marsh in seiner Arbeit: „The comparative value of different kinds of fossils in determining Geological Age“ [1]) in den Begriff Spezialisation zusammen; doch muß mit der Ausbildung der Sondermerkmale ein hoher Grad von Variabilität Hand in Hand gehen. Vergleicht man Brachiopoden mit Trilobiten — beide treten schon im Kambrium auf —, so findet man bei den silurischen und devonischen Formen jener oft wenig Veränderungen, und sie tragen wenig zur feineren Unterscheidung paläozoischer Schichten bei; dagegen die Trilobiten erfahren eine ungemein reiche Entwicklung von ihrem ersten Auftreten bis zu ihrem Aussterben in der Permischen Formation; sie sind daher eines der wichtigsten Werkzeuge für die Unterscheidung der geologischen Schichten, denn jede besondere Form hat ihre besondere geologische Zone, d. h. ihre wohlabgegrenzte Lebenszeit. Unter den Weichtieren sind die schalentragenden Cephalopoden in ähnlicher Art nützlich, aber am allermeisten Verschiedenheiten zeigen die Ammoniten in ihrer wahrhaft wuchernden Entwicklung, und entsprechend groß ist ihr Wert für die Bestimmung der geologischen Zeitfolge. Mit ihnen verglichen, haben die Süßwasserschnecken und

---

[1]) American Journal of Science. Vol. XIV (1877) und später noch einmal in dem Report British Association f. the Adv. of Science 1898. S. 869.

-Muscheln wenig Wert; haben doch einige davon sich fast unverändert von paläozoischen Zeiten an bis auf die Gegenwart erhalten. Unter den Fischen gibt es ähnliche Dauerformen, so ist der Wert der Reste von Lepidosteus für geologische Zeitbestimmung ungemein gering. Bei den Reptilien sind die Unterschiede ganz bunt verteilt; die mesozoischen Krokodilier sind vortreffliche Zeitmesser, während sie in späteren Perioden und in der Gegenwart sehr wenig Wechsel zeigen. Dagegen benutzten die Geologen die Dinosaurier und Flugechsen, die nur verhältnismäßig kurze Zeit gelebt haben, wegen ihres Formenreichtums mit großem Vorteil zur Wiedererkennung geologischer Horizonte. Nichts übertrifft aber den chronologischen Wert der Säugetiere in der Unterscheidung der Tertiärschichten. Ihr Formenreichtum, die hohe Entwicklung aller Merkmale und die Häufigkeit der Veränderungen, die sie erfahren, wirken alle auf diesen Zweck zusammen.

Die Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferung muß uns warnen, sie als Zeitmesser allzu vertrauensvoll zu behandeln. Wir sehen in den meisten Fällen ein Anfangs- oder ein Endglied einer Reihe, in nur wenigen beide, und in gar keinem Falle alle Mittelglieder. Man pflegt die Abstammung des Pferdes von tapirähnlichen Tieren des Eocäns, Paläotherium, durch Anchitherium und Hippotherium als eine ziemlich wahrscheinliche aufzufassen; in Amerika scheint die Reihe sogar noch über Paläotherium hinaus fortgeführt werden zu können. Selbst das ist aber in beiden Erdteilen keine fortlaufende Kette, sondern eine Reihe von nahverwandten Gattungen, zwischen denen ganz bedeutende Zwischenräume für uns noch leer sind.

Die Lücken in den paläontologischen Urkunden sind viel größer, als man bei der Masse der Versteinerungen und dem deutlichen chronologischen Zusammenhang der

Formationen, in denen sie liegen, glauben sollte. Die Entwicklungsreihen von einigermaßen kenntlichem Zusammenhang sind noch so spärlich, daß man sie aufzählen kann. Noch stehen die großen Typen des Tier- und Pflanzenreiches scharf gesondert nebeneinander, die Zahl eigentlicher Zwischenformen ist verschwindend. Und kaum weniger tief sind die Lücken zwischen den Klassen. Selbst der Archäopteryx, der in der ersten Freude über die Entdeckung als ein Mittelglied zwischen Reptilien und Vögeln angesehen wurde, ist ausgesprochen Flugreptil, wenn ihm auch einige Vogelmerkmale eigen sind; wir sind nach seiner Auffindung noch ebenso unsicher wie vorher über die Stelle, wo etwa die Vögel und die Reptilien von einem gemeinsamen Aste der Wirbeltiere sich abgezweigt haben. Die Hoffnung, daß eines Tages eine lückenlose Reihe von fossilen Resten der wasserlebenden Tiere sich vor uns aufbauen wird, stützt sich auf die Annahme, daß die Bodenschwankungen, die Meere trocken legten und festes Land ins Meer sinken ließen, immer nur kleine Teile der Erde verschieben konnten, so daß der Faden des Wasserlebens nie ganz abriß; die Fauna, der ein Meeresteil zu seicht wurde, zog sich nach einem tieferen zurück, und während ein Meeresteil Land wurde, hatten sich seiner Lebewelt durch Bodensenkung bereits neue Meeresteile geöffnet. Dieser Annahme scheint keine Tatsache entgegenzustehen. Aber doch ist die daran geknüpfte Folgerung nicht berechtigt, denn die gehobenen Meeresböden sind in vielen Fällen abgetragen, und damit sind alle Spuren des Lebens vernichtet worden, die sie umschlossen. Es liegt auf der Hand, daß alle Lücken der paläontologischen Überlieferung Lücken in der Zeitreihe bedeuten, die wir mit Hlife dieser Überlieferung zu rekonstruieren suchen; sie sind also mindestens von hervorragender negativer Bedeutung für jegliche Zeitschätzung, denn sie repräsentieren die verlorene Kunde von vielen Jahrmillionen.

Da für unsere Auffassung, die von den Katastrophen so weit entfernt ist wie vom Uniformismus, das Leben an der Erde, vergleichbar dem Meere, das den größten Teil davon umschloß, von ungünstigen zu günstigeren Stellen flutete, dort ebbend und hier steigend, so besteht die Möglichkeit, die Ausfüllung einer Lücke, die an einer Stelle klafft, an einer anderen zu finden. Daher biologisch ähnliche Ablagerungen in ganz verschiedenen Schichten; aber nicht übereinstimmende, auch nicht zeitlich zusammengehörige. Das Fehlerhafte des gewöhnlich leichthin gezogenen Schlusses: gleiche Leitfossilien entstammen gleichzeitigen Schichten, wird leicht erkannt, wenn man an die Zeiträume denkt, die die Verbreitung eines Tieres oder einer Pflanze von einem Teile eines Verbreitungsgebietes zu einem anderen beansprucht. Erst wenn die Verbreitung abgeschlossen war, konnte dieselbe Art an entlegenen Stellen versteinert werden. Also nicht bloß die örtliche Verschiedenheit, sondern unter Umständen auch der Zeitunterschied läßt die Anlegung eines einzigen Maßstabes untunlich erscheinen, und so ist z. B. die einfache Übertragung der europäischen Schichtenfolge auf außereuropäische Verhältnisse schon früh als eine Quelle von Irrtümern erkannt worden.

Gewiß war die Verwendung der Fossileinschlüsse zur Bestimmung der Aufeinanderfolge der Schichten, wie sie zuerst von William Smith vorgenommen wurde, einer der größten Fortschritte der Geologie. Aber man hätte nicht vergessen sollen, daß es sich bei dieser Errungenschaft nur um ein Mittel zur Bestimmung der Zeitfolge in dem kurzen Abschnitt der Erdgeschichte handelt, aus dem Lebensreste erhalten sind. Dieses paläontologische Werkzeug ist dagegen schwach und klein gegenüber der ganzen Geschichte der Erde. Es hat bewundernswerte Dienste für die Erkenntnis der Spanne Zeit geleistet, die zwischen dem Kambrium und

der Gegenwart liegt; aber es hat eben dadurch dieselbe in ein so helles Licht gerückt, daß sie viel größer und wichtiger zu sein schien als sie wirklich ist. Was der Bestimmung der Zeitfolge dient, hat der Schätzung des Zeitverlaufes Abtrag getan. Tatsächlich haben die Fortschritte der paläontologisch-stratigraphischen Geologie in den Augen vieler zunächst die Gesamtgeschichte der Erde verkleinert, oder, was dasselbe ist, den Gesichtswinkel vergrößert, unter dem sie zu betrachten ist. Die vorhin angegebene Wirkung jedes großen Fortschrittes in der Zeitfolgenbestimmung, die Überleitung zu einer richtigeren Zeitschätzung, beginnt sich erst zu zeigen.

12. Kapitel.

Schätzungen des Alters des Lebens.

Seitdem Lamarck den Satz: „Die Arten sind nicht so alt wie die Natur selbst" mit der Forderung großer Zeiträume begründet hat, die für die äußerst langsamen Veränderungen der Arten notwendig sind, ist die Zeitforderung von den Biologen mit noch viel größerer Entschiedenheit vertreten worden als von den Geologen, und jene haben noch viel höhere Summen von Jahrmillionen verlangt. Wir hören auf dieser Seite: was hindert uns eine Billion Jahre für eine Sekunde der Ewigkeit zu erklären? und von Jahrmilliarden wird hier ebenso leicht geredet[1]) wie auf dem geologischen Gebiete von Jahrmillionen. Zwar hat auch hier die Reaktion eingesetzt. Auf Darwin folgte Wallace, der in dieser wie in anderen Fragen tief unter das Niveau seines Forschungsgenossen hinabstieg, als er annahm, die Gegenwart sei eine Periode ver-

[1]) J. Reinke, Die Welt als Tat. Umrisse einer Weltansicht auf naturwissenschaftlicher Grundlage, Berlin 1899, S. 117.

hältnismäßig langsamer Umbildungen, in vergangenen Zeitaltern sei infolge von Änderungen in der Form der Erdbahn und in der Bewegung der Erde um die Sonne die Stammesentwicklung rascher vorgeschritten, und man könne daher von dem Kambrium bis zur Gegenwart höchstens 60 und geringstens 16 Millionen annehmen. Aber die Stützen dieser Annahme sind alle morsch. Ihr Interesse ist schon heute nur ein historisches, und zwar ganz besonders, weil sie so weit hinter den Punkt zurückgehen, den v. Hoff und Lyell ein halbes Jahrhundert früher erreicht hatten. Doch bleibt es immer lehrreich, zu sehen, wie oberflächlich der geistreiche Zoogeograph die von ihm dogmatisch hingenommene Abkühlungshypothese, die schwierige Schätzung des Betrages der kontinentalen Abtragung und ozeanischen Niederschlagsbildung, endlich die Annahme größerer Veränderungen der Erdoberfläche in früheren Abschnitten der Erdgeschichte behandelt, um zuletzt bei „dem Wechsel kalter und warmer Perioden oder, noch häufiger, extremer und gemäßigter auf jeder Halbkugel“ anzukommen, „die als Ergebnisse astronomischer Umwälzungen in Verbindung mit geographischen nachgewiesen sind“.[1])

Ich überspringe die letzten drei Jahrzehnte, in denen über die Frage, die uns beschäftigt, viel geredet, aber wenig eigentlich gearbeitet wurde, um bei Sollas, Geolog und Paläontolog, anzukommen, der schon 1877 der uniformistischen Auffassung eine durch mehr Sonnen- und Erdwärme, dampfreichere Luft, heftigere Eruptionen, extremere Klimate usw. belebtere Vergangenheit der Planeten entgegengestellt und seitdem, von dem Bestreben geleitet, der rückläufigen Bewegung als Geolog Genüge

[1]) Island Life, London 1870, S. 217. Seitdem hat Wallace die Abkühlungshypothese mit der der Erdbildung durch zusammenstürzende Meteoriten zu versöhnen gesucht; vgl. den Aufsatz Our Molten Globe in Studies Scientific and Social, London 1900, I S. 57.

zu leisten, auch in die Biologie hinübergegriffen hat, wo er die Frage: Genügt ein Zeitraum von 26 Millionen Jahren den Forderungen der Biologie? kurz bejahte. Er meint, dieser Zeitraum sei mehr als hinreichend. Wenn man für die Entwicklung der Wirbeltiere 18 oder 19 Millionen Jahre genügend erachte, so möchten wohl die übrigen 8 Millionen Jahre für die Entwicklung der Wirbellosen hinreichen, deren Vertreter wir in den untersten kambrischen Schichten finden. Man werde aus apriorischen Gründen dieser Annahme nicht widersprechen können. „Wenn zwei Millionen Jahre für die Verwandlung der Fische in Amphibien genügten, so konnte ein ähnlicher Zeitraum auch für den Übergang ven Anneliden in Trilobiten, oder von Trochosphären in Anneliden hinreichend sein. Der Schritt von der Gastrula zu den Trochosphären mochte sich in weiteren zwei Millionen Jahren vollziehen, und zwei weitere Millionen könnten uns von der Gastrula zurück durch die Morula zu den Protozoen führen."[1]) Dieser Rechnung gegenüber, meint Sollas, könnten heute die Biologen obensowenig etwas einwenden, als sie dafür zu sprechen vermöchten; sie seien nicht in der Lage, „independent evidence" zu bringen, ehe sie das Tempo der Abänderung der Arten eingehender studiert hätten.

Ich bin der Meinung, daß sowohl Wallace als Sollas sich nicht genügend klar gemacht habe, welcher Weg überhaupt der Biologie in dieser Frage gewiesen ist, und daß eben darum ihre anscheinend so kritischen Beiträge die erdgeschichtliche Zeitfrage wenig gefördert haben oder fördern werden. Bestimmt abgegrenzte Zeiträume, berechnet auf Grund des Tempos der Stammesentwicklung, kann die Biologie nicht geben; sie von ihr

---

[1]) Evolutional Geology. Eröffnungsrede der geologischen Sektion der British Association for the Advancement of Science, Bradford 1900, S. 723; vgl. damit die ältere Kundgebung im Geological Magazine von 1877.

zu fordern, heißt die Art ihrer Erkenntnisse vollständig verkennen. Wohl aber vermag sie durch besonnene Erwägung der Zeitmerkmale der Lebensformen auf anderem Wege zu Einsichten in den Zeitverlauf der Erdgeschichte zu kommen. Es soll die Aufgabe dieses Aufsatzes sein, diesen Weg zu beschreiben und zu erproben. Vorher indessen noch einige Bemerkungen über das vielbesprochene „Tempo“ der Stammesentwicklung.

Die große Genauigkeit, die mit Hilfe der Paläontologie und stratigraphischen Geologie in der Bestimmung der Zeitfolge der Lebewesen in der Erdgeschichte erzielt ist, legt sicherlich die Hoffnung nahe, so wie in anderen Entwicklungswissenschaften durch die Zeitfolge zur Zeitmessung vorzudringen. Das Studium der „Mutationen“ scheint darauf hinführen zu müssen. Es ist ein schönes Ziel. Wenn es gelingt, die Frage nach dem Tempo zu beantworten, so liegt darin zugleich die einzige denkbare Möglichkeit, einen Blick in die Zeit hinter den ältesten bekannten Lebensresten zu gewinnen, und von diesem könnte sich dann die Frage nach dem Alter des Lebens ebenfalls die einzige denkbare Antwort erwarten. Zu diesem so wünschenswerten Ziele scheinen nun folgende drei Wege zu führen: 1. Die bekannte Lebensentwicklung von den ältesten fossilführenden Schichten bis zur Gegenwart könnte eine Steigerung in der Entwicklung der Formen erkenen lassen, aus der man einen Rückschluß auf das Tempo in den vorkambrischen Zeiträumen wagen könnte; 2. die inneren Wachstums- und Entwicklungsbedingungen der älteren Lebewesen könnten aus ihren überlebenden Resten erschlossen werden, und 3. die äußeren Lebensbedingungen könnten andere gewesen sein als heute, die organische Formbildung beschleunigende oder verlangsamende.

Fassen wir die letztgenannte Möglichkeit zuerst ins Auge, da sie vielleicht die greifbarste ist: Haben äußere Bedingungen das Tempo der Stammesentwick-

lung beschleunigt oder verlangsamt: Das Aussterben der Arten und größeren Abteilungen des Tier- und Pflanzenreiches wurde sicherlich durch Änderungen der umgebenden Bedingungen beschleunigt und durch die Andauer günstiger Bedingungen verlangsamt. Oft und vielleicht gewöhnlich wurde das endliche Erlöschen durch katastrophische Änderungen in dem engen Raume herbeigeführt, auf welche sie bei herannahendem Aussterben eingeschränkt worden waren.[1])

So erscheint uns die Geschichte des Lebens auf der Erde unter dem beständigen Einfluß der äußeren Bedingungen, die niemals für lange Zeit dieselben blieben, unaufhörlich sich änderten und mit jeder Änderung auch in das Leben neue „Umgebungsreize" hineinbrachten. Mag das Leben seine eigenen inneren Entwicklungsantriebe haben, seine Geschichte hängt doch zu deutlich mit der Geschichte der Erde zusammen. Gerade darin liegt ja die Möglichkeit und Rechtfertigung, die Abschnitte der Erdgeschichte in der Geschichte des Lebens wiederzufinden, die geologischen Formationen paläontologisch zu charakterisieren. Und für uns ergibt sich daraus zugleich die Unmöglichkeit der Annahme eines gleichmäßigen unabhängigen Fortschreitens der Lebensentwicklung, die vielmehr durch Land- und Meer-, Gebirgs- und Vulkanbildung, Klimaschwankungen Hemmungen und Beschleunigungen erfahren haben muß.

Die meisten von diesen Veränderungen, die den Lebensboden umgestalten, blieben aber örtlich beschränkt. Zerstörungen aller Lebewesen und darauffolgende Neuschöpfungen, die die Einsichten in die Chronologie der

[1]) A. White, The Relation of Biology to geological Investigation Report U. S. National Museum 1892, S. 298, und meine eigene ausführliche Darstellung der Wirkungen der Raumverhältnisse auf das Leben in „Der Lebensraum. Eine biographische Studie." Festgabe für A. von Schäffle. 1901.

Erdgeschichte zu erleichtern schienen, da sie angeblich scharfe Abschnitte bildeten, sind nicht nachzuweisen, so lange und so bestimmt sie auch behauptet worden sind. Nicht einmal der Wechsel lebensreicher und lebensarmer Zeitabschnitte ist zu beweisen. Wie viele haben mit d'Archiac geglaubt, daß in der Trias das Leben ärmer geworden sei, aber die alpine Trias mit ihrer Fülle von Versteinerungen hat eines Besseren belehrt. Jene Lebensarmut war nur ein örtliches Phänomen, so wie heute etwa eine Wüste. Angesichts der früher weit verbreiteten Neigung, geologische Umwälzungen als eine große Kraft in der Verbreitung der Lebewesen zu betrachten, ist es auch interessant, zu sehen, wie reich ein geologisch unruhiger Archipel, wie der japanische, an alten Formen ist. Offenbar fördert abgeschlossene Lage mehr die Erhaltung alter Formen in einer Inselflora oder -fauna als geologische Ungestörtheit. Wir wissen jetzt, daß Hebungen und Senkungen sich unmerklich langsam vollziehen, daß Vulkanausbrüche und Erdbeben örtlich begrenzt sind, daß sie alle nicht die Macht haben, ganze Lebewelten zu vernichten.

Die geographische Verbreitung der Arten zeigt uns die äußere Begünstigung der Artbildung durch Absonderung, denn wo wir abgesonderte Wohngebiete finden, da wächst auch immer die Zahl und Mannigfaltigkeit der Arten, seien es nun die Kolibri oder Bergschafe einzelner Gebirgsstöcke, oder die „harmonisch“ verbreiteten Arten oder Abarten eines Archipels, wie der Galápagos, in deren Verbreitungsweise auf den einzelnen Inseln und Klippen eben die Auseinanderlegung einer Stammart in Zweigformen je nach der Zahl und Lage der Wohnplätze sich gleichsam abspiegelt, oder seien es auch nur die blinden oder farblosen Tiere, die den engen Bezirken einzelner Höhlen eigen sind. So wie die Absonderung in solchen Fällen die Herausbildung besonderer neuer

Arten begünstigte, bot sie in anderen Fällen alten Arten Schutz, die nur in solchen abgesonderten Örtlichkeiten sich erhalten konnten. Die Gemse der Alpen, der Apteryx Neuseelands, der Proteus der Karsthöhlen, der Ceratodus ausstralischer Flüsse sind Beispiele von alten Formen, die durch die Gunst besonderer Örtlichkeiten erhalten sind. Vergleicht man mit diesen Tatsachen die Einförmigkeit der Lebewelt weiter Ebenen in zusammenhängenden Festländern oder der ausgedehnten Meerestiefen, so muß man annehmen, daß Perioden mit reicher Gliederung der Umrisse, Höhen und Tiefen der Erde eine größere Fülle von Lebensformen erzeugt haben müssen als Erdperioden mit einförmiger Wasserbedeckung oder niedrigen breiten Landbildungen. Wenn die Erde von heute statt des einen Asien fünf Ausstralien hätte, wäre die Zahl und Verschiedenheit ihrer Pflanzen- und Tierarten und Menschenrassen größer. In ähnlicher Weise müssen auch klimatische Unterschiede differenzierend auf den Lebensreichtum unseres Planeten eingewirkt haben; und der Schluß ist geboten, daß eine einförmig warme Erde, wie sie von vielen Geologen schon für lebensreiche Abschnitte angenommen wird, eine weniger mannigfaltige Schöpfung beherbergen mußte als eine Erde mit Zonenunterschieden, wie wir sie heute kennen. Zuletzt muß die diluviale Eiszeit durch ihr Klima, unabhängig von der Eisdecke, eine Verminderung der Lebensformen an Zahl und Mannigfaltigkeit bewirkt haben.

Wenn uns nun diese Erwägungen zu der Annahme führen würden, die Entwicklung des Lebens auf der Erde sei durch die äußeren Bedingungen bald beschleunigt und bald verlangsamt worden, so dürften wir doch nicht übersehen, daß wir auf dem Boden der Hypothese stehen. Es wird nur a n g e n o m m e n, daß die Erde einst ein gleichförmigeres Klima gehabt habe; bewiesen ist es nicht. Dasselbe gilt von der im Zurückweichen begriffenen Annahme, die Erde sei einst einförmig vom Meere bedeckt

gewesen, und von der wohl fast allgemein aufgegebenen, es sei ein Zeitabschnitt in der Erdgeschichte nachzuweisen, wo es keine Gebirgsbildungen und damit auch keine Einbrüche und Senkungen gegeben habe. Man darf es vielmehr heute als wahrscheinlich bezeichnen, daß als die ältesten Fossilreste, die wir kennen, abgelagert wurden, die Erdoberfläche Klimaunterschiede, Länder und Meere, Gebirge und Ebenen wie heute hatte, wenn auch nicht in derselben Lage, Gestalt und Ausdehnung.

Damit fällt die Möglichkeit, aus der Wirkung äußerer Einflüsse auf die Entwicklung des Lebens einen Schluß auf deren Tempo zu gewinnen. Diese Entwicklung ist hier beschleunigt und dort verlangsamt worden; aber sie zeigt z. B. nicht die andauernde Beschleunigung, die wir voraussetzen müßten, wenn die Erdoberfläche sich immer verschiedenartiger gestaltet hätte.

Besonders die Voraussetzung einer einst lückenlosen Meeresbedeckung des Erdballs, von allen Vorstellungen der besprochenen Art die verbreitetste, ist offenbar mit unserer Auffassung am wenigsten vereinbar. Schien es einst, als ob die Zeugnisse für das Hervorgegangensein des Pflanzen- und Tierlebens aus dem Wasser einen unabsehbaren Wasserhorizont vor die Schwelle des bekannt organischen Lebens legten, so ist heute als möglich zu erachten, daß Landbewohner unter den erhaltenen Resten der organischen Welt ebenso alt wie Wasserbewohner sind; die ältesten Spuren der ersteren reichen einstweilen nur bis in die Devonformation hinab, aber dafür haben wir in der Steinkohlenperiode schon ein hochentwickeltes und besonders ein sehr reiches Landleben, wo z. B. das Lungenatmen der Tiere schon lange begonnen haben muß. Man will auch im Bau der Landpflanzen noch Erinnerungen an das ursprüngliche Wasserleben finden; dahin wird die auffällige Gabelverzweigung großer Pflanzenarten des paläozoischen Zeitalters gerechnet, die an die gerade den

Landpflanzen näherstehenden Algen erinnert; aber für das Alter dieser Erinnerung hat man durchaus keinen Anhalt. Wann nun auch das Heraussteigen des Lebens aus dem Wasser ins Trockene sich vollzogen haben möge, für die Frage nach einem älteren Zustand der Erde hat es keine Bedeutung, da auf einer Erde, deren Oberfläche aus Land und Wasser bestand, gleichwohl das Leben zuerst nur im Wasser sich entfalten konnte. Was aber das Alter des Lebens anbetrifft, so könnte es sich durch die Annahme, daß alle seine Anfänge im Wasser liegen, ja nur noch vergrößern, da dieses schwerer durchdringliche Medium von gleichmäßigerer Temperatur und einförmigeren Lebensbedingungen die Entwicklung nur verlangsamen konnte. Und wenn, wie manche glauben, die Formen des Süßwassers einst verbreiteter waren als heute, so würde dies eine noch größere Verlangsamung bedeuten. Gerade der Unterschied zwischen dem Leben im Meere und im Süßwasser zeigt so recht deutlich den Einfluß der äußeren Bedingungen auf den Ablauf der Lebensentwicklung. Nordamerika, das in der Gegenwart so reich an Süßwassermuscheln ist, war es schon von den jurassischen Zeiten an. Wir kennen dort fossilführende Süßwasserbildungen fast aus jeder Formation vom Jura bis zum späten Tertiär, und in ihnen liegen wenig erloschene Gattungen, und keine von ihren Familien ist ausgestorben. Wir finden Abänderungen, aber sie rufen fast immer neue Arten hervor, und auch selbst diese sind nur leicht verschieden, mehr Abarten, als „gute“ Arten. Dasselbe gilt auch von Süßwasserschnecken und lungenatmenden Landschnecken. Und in derselben Zeit haben nicht bloß die exogenen Pflanzen ihren ungemeinen Formenreichtum entfaltet, sondern auch die Säugetiere haben sich großenteils seitdem erst entwickelt. Ja, große Gruppen, wie die der Dinosaurier, haben in diesem Zeitraum sich entfaltet, in demselben ihren Höhepunkt überschritten und sind darin

erloschen. Wäre also die Erde ein Planet, der dem Leben der Süßwasserbewohner günstiger wäre, als dem der Meeres- und Landbewohner, so würde offenbar die ganze Lebensentwicklung eine Verzögerung erfahren haben.

Leider ist es uns nicht gestattet, in die Entwicklungsgeschichte der Hydrosphäre unserer Erde einen so tiefen Blick zu tun. Und so war es denn auch verfehlt, zu glauben, man sei mit dieser Zurückführung der früheren Lebensformen in das Meer in eine sehr frühe Zeit der Geschichte der Erde zurückgeschritten. Der marine Charakter der ältesten Fauna, die wir kennen, setzt wieder eine ungeheuer lange Zeit voraus, in der das Meerwasser entstand, das kein einfaches Auslaugungsprodukt löslicher Gesteine ist. Wie kurzsichtig, darin nichts anderes als die Lösung der Salze des noch warmen Urgranits und Urgneises zu sehen, wie die Erstarrungskrusten-Hypothese will! Soweit Salzlager zurückreichen, bezeugen sie eine ähnliche Zusammensetzung des Meerwassers, wie wir es in der Gegenwart kennen. Ein silurisches Meer hat seine eingetrockneten Salze in Nordamerika, ein kambrisches in Indien zurückgelassen, und die Steinsalzlager beider Länder lassen keine Entwicklung des Meerwassers etwa aus einem salzärmeren Zustand erkennen. Wenn man bedenkt, daß das Meer drei Vierteile unserer Erdoberfläche bedeckt und in vielen Beziehungen, besonders klimatisch, bestimmt, so scheint gerade in dieser Übereinstimmung uralter und moderner Meere eines der stärksten Argumente für den Uniformismus zu liegen, ich meine nicht für den Uniformismus der Einförmigkeit, sondern der Gleichartigkeit erdumgestaltender Kräfte. Wir behaupten damit nicht, daß die Vulkanausbrüche und Erdbeben genau so verlaufen seien wie jetzt, daß die Erdteile und Meere in den Grundzügen gerade so gelagert gewesen seien, daß keine großen klimatischen Schwankungen eingetreten seien. Wohl aber stellen wir fest, daß die Erde ungefähr so starr war wie

jetzt, daß sie nicht wärmer war, daß das Meer und die Luft ebenso zusammengesetzt waren, daß auch die Sonne ungefähr ebensoviel Wärme einstrahlte, kurz, daß die äußeren Lebensbedingungen nicht wesentlich andere gewesen sein können. Und eben deswegen sehen wir keine Möglichkeit, aus dem Vergleich älterer und jüngerer Zustände der Erdoberfläche zu einer Zeitschätzung zu gelangen.

Die Herausbildung eines genetischen Systems oder eines geschichtlichen oder chronologischen Bildes aus der alten künstlichen Anordnung der lebenden und ausgestorbenen Pflanzen und Tiere ist in einem ununterbrochenen Kampfe mit zeitarmen Anschauungen geschehen, an deren Stelle immer zeitreichere getreten sind. Wir sehen ab von den Tausenden von schlagenden Beispielen, die die vordeszendenzliche Biologie liefern könnte. Aber auch nachher hat man die Entwicklung hochgehalten und ihr die Zeit versagt, ohne die sie gar nicht lebensfähig ist. Die Ableitung der fluglosen Riesenvögel direkt von den Dinosauriern ist ein Beispiel kurzer Perspektive; heute kommt uns eine solche Ableitung als eine ungeheuerliche Verunstaltung des Stammbaumes der Vögel vor, da wir doch diese Vögel nicht anders als aus einem ganz entfernten Zweige des Vogelstammes durch eine Rückbildung entstanden denken können, die gewaltige Zeiträume gebraucht hat. Also nicht die kürzeste Linie zwischen einer Reptiliengruppe und einer nur den Vögeln sich annähernden Zwischenform, sondern volle reichverzweigte Ausbildung der Vögel und dann wieder Rückbildung mehrerer Zweige zur Fluglosigkeit; nicht ein einfacher Weg, sondern ein mindestens drei- bis vierfach so langer gewundener, verzweigter, endlich in sich zurücklaufender Weg.

13. Kapitel.

Was bedeutet die Zeit in der Geschichte einer Art?

Was die Zeit in der Geschichte einer Art bedeutet, können wir im allgemeinen feststellen, gleichsam als Minimalsatz, der allerdings sehr oft überschritten werden wird, aus dem wir aber doch mindestens eine Ahnung von dem

bekommen, was man Chronologie der Arten nennen dürfte. Variationen, die eine Artbildung einleiten, können plötzlich entstehen, werden aber im allgemeinen durch die sehr langsamen Änderungen der Lage-, Größen- und Höhenverhältnisse an der Erdoberfläche ausgelöst. Von dem Ende der Eiszeit bis heute, also in einem Zeitraum von mehreren hunderttausend Jahren, sind nur wenige Varietäten und Arten neu entstanden, wenn wir absehen von den Haustieren und Kulturpflanzen. Die Variation braucht, um sich zu befestigen, wiederum Zeit. Durch Wanderung wird sie sich isolieren, oder sie wird einen weiten Raum mit ihren Abkömmlingen bedecken. Dies ist der zweite Akt ihres Daseins, der ebenfalls in der Regel viel Zeit erfordert. Doch wird man zugeben müssen, daß z. B. auf Inseln oder isolierten Berggipfeln dieser Akt manchmal kürzer sein mag. Jedenfalls braucht Wanderung und Festsetzung, diese oft noch mehr als jene, reichlich Zeit. Daß man nun gewöhnlich Schichten mit gleichen Fossileinschlüssen für gleichzeitig annimmt, auch wenn sie räumlich weit auseinander liegen, zeigt, wo die schwache Stelle der auf die Zeitfolge der Tiere und Pflanzen begründeten Erdgeschichte liegt. Fossileinschlüsse in entlegenen Schichten können niemals gleichzeitig sein, da die Lebewesen geraume und oft sehr lange Zeit brauchen, um sich von einer Stelle der Erde zu einer anderen zu verbreiten. Es ist das große Verdienst Barrandes, diesen Fehler durch die Entdeckung der silurischen „Kolonien“ beseitigt zu haben. Zuletzt wird der dritte Akt im Leben einer Art, ihr Rückgang und Absterben, oder ihre Auflösung in neue Abarten ebenfalls viel Zeit erfordern. Und in der Regel werden Jahrmillionen zwischen zwei nahverwandten Arten liegen, die wir in übereinander folgenden Zonen einer Formationsreihe, sozusagen dicht übereinander, finden.

Um indessen die Chronologie der Arten auf ihren wahren Wert zurückzuführen, muß der Betrachtung der

Entwicklung des Lebens, die nur einzelne Lebensformen sieht und in deren Wechselbeziehungen, wie z. B. im Kampf ums Dasein, den treibenden Grund der Entwicklung zu finden glaubt, eine andere Betrachtung gegenübergestellt werden, die das Leben der Erde als ein Ganzes, Zusammenhängendes erkennt, aus dem die Lebensformen nur als verhältnismäßig ephemere Erscheinungen, als Episoden hervortreten. Das Leben als Ganzes oder die Lebensmasse wird immer den Vorzug des Alters und der Dauer vor den Einzelformen haben; es ist im wahren Sinne des Wortes das Bleibende in der Erscheinungen Flucht und insofern auch das Wesentliche. Diese „Erscheinungen" können als Arten eine verhältnismäßig lange Dauer gewinnen, aber im Vergleich zum Ganzen der Lebensentwicklung oder zur Lebensdauer in einem großen tellurischen Sinne sind sie sozusagen nur die Sekundenzeiger.

14. Kapitel.

Innere Ursachen der Beschleunigung und Verlangsamung der Lebensentwicklung.

Wir haben in der Naturgeschichte die festen Arten, deren Formen so fest zu stehen scheinen wie die von Kristallen, und daneben die leicht veränderlichen, die in Einzelheiten auf jedem Standort anders sind. Die große Mehrzahl der Arten bezeichnet Stellen des Stillstandes der Entwicklung, von denen wir ebensowenig, wie von Klippen im Strom wissen, wann sie der Bewegung, die sie umflutet und an ihnen brandet, folgen werden. Andere Formen, in denen eine Entwicklungsrichtung nicht bloß vorübergehend, sondern für immer, gleich wie in einer Sackgasse, zum Stehen gekommen ist, mag man als Endformen bezeichnen; sie sind gegenwärtig Knospen, über die die Entwicklung nicht hinausgeht; es ist zwar wohl möglich, daß sie wieder auf-

brechen und dann sogar einer sehr reichen Entfaltung Ursprung geben, aber sehr oft sind sie tatsächlich der Abschluß eines Zweiges des Entwicklungsganges, und es ist erstaunlich, wie oft diese Endformen in Riesengestalt, wie die großen Laufvögel oder die Dickhäuter, in sonderbaren Abwandlungen, wie die kretazischen Ammoniten und dergl. erscheinen. Solche merkwürdige Vorgänge werden durch äußere Einflüsse, z. B. den beschränkten Raum der Inseln, gefördert, aber nicht veranlaßt. Insulare Einflüsse haben in einzelnen Fällen die Entwicklung auf sonderbare Abwege geführt, auf denen z. B. fluglose Riesenvögel wie Äpiornis oder Moa oder auch fluglose Vögel von mäßiger Größe entstanden sind; in anderen hat sie die Körpergröße reduziert, wie in den Elefanten der mittelmeerischen Inseln. Wie dunkel diese Vorgänge sind, zeigt die überraschende Tatsache, daß unter allen bekannten Säugetieren die noch jetzt in Australien und Tasmanien lebenden Schnabeltiere, Monotremen, am tiefsten stehen; die phylogenetisch ältesten Säugetiere überleben also, während viel höher entwickelte durch endlose Mannigfaltigkeit der Formbildung scheinbar viel anpassungsfähigere große Säugetiergruppen der Tertiärzeit ausgestorben sind. Und wenn ungemein alte Meerestiere fortleben, so ist das nicht etwa nur Beweis dafür, daß auch im Meer Schutzmotive von großer Kraft wirken, wie man sie in den an alten Fischen, Amphibien und Reptilien reichen Flüssen und Seen kennt, sondern daß es ungemein erhaltungsfähiges Leben gibt. Betrachten wir uns einmal diesen merkwürdigen Prozeß des Fortlebens unter kaum merklichen Änderungen.

Die oben genannte Gattung Lingula tritt in den frühkambrischen Schichten als Lingula angusta auf, die sich kaum von der jurassischen Lingula Beani unterscheidet, die ihrerseits sich als Lingula anatina fast unverändert bis zur Gegenwart erhalten hat. Durch Millionen und vielleicht Milliarden von Generationen haben diese Lingula-

schalen immer dieselbe Form bis ins Einzelne getreu wiederholt. Sie ist also in den engen Grenzen der Merkmale einer Art geblieben. Unterdessen sind die meisten anderen Tierformen, die mit ihr zusammenlebten, entweder ausgestorben oder haben sich in eine große Mannigfaltigkeit von Abartungen, Arten, Gattungen auseinandergelegt. Man denke an die nahverwandten Spiriferen, die Terebratelen, die schalentragenden Cephalopoden, an die Brachiopoden, die für den Geologen Knoten am Leitseil der Fossilien sind, und so viele andere. Wenn wir die Entwicklung der Lebensformen als Bewegung auffassen, so ist also Lingula einfach stehen geblieben, während die anderen aus einer Form in die andere weitergeschritten sind, sich entwickelt haben. Wäre ein Verhalten wie das der Lingula allgemein, so gäbe es überhaupt keine merkbare Entwicklung der Lebensformen, an deren Stelle würde Stillstand zu herrschen scheinen. Gegenüber solchen verhältnismäßig beständigen Formen, die durch ungemein lange Zeiten den äußeren Einflüssen trotzen, denen man unbegründeterweise einen zwingenden Einfluß auf die Lebensformen zuschreiben wollte, kann mit gutem Recht an die Kristalle erinnert werden, zu denen anorganische Stoffe sich, soweit wir wissen, immer nach denselben Gesetzen zusammengelegt haben. So wohnt auch den beständigen Arten eine Widerstandskraft gegen umgestaltende Einflüsse inne, deren Ursache in den Lebewesen selbst liegen muß. Das Festhalten derselben Bauprinzipien bis in kleinste Einzelheiten durch Millionen von Generationen setzt eine Sicherheit des Verlaufes der Vererbungsvorgänge voraus. Aber darum ist es doch nicht möglich, von unsterblichen Formen der Tierwelt mit H. Trautschold zu reden.[1]) Es sind nur Fälle von außerordentlicher Stärke der Festhaltung im Erinnerungsvermögen der organisierten Materie.

[1]) Die langlebigen und die unsterblichen Formen der Tierwelt. Bull. d. l. Société des Naturalistes de Moscou 1874, I S. 165.

Im Gegensatz zu dieser einförmigen Wiederholung derselben beschränkten Formen durch ganze Zeitalter der Erdgeschichte steht die Entfaltung eines kleinen Zweiges einer persistenten Form in eine Fülle von Arten und Abarten, die sich sogar mehrere Male wiederholen kann. Man kann diese iterative Entwicklung, wie Koken sie genannt hat, mit einem Baum vergleichen, dessen Stamm mehrere Kronen übereinander treibt. „Diese Schwärme von Varietäten und Arten liegen gleichsam stockwerkartig übereinander, ohne, wie es scheint, direkt genetisch verbunden zu sein. Ähnliche Formen wiederholen sich, indem sie zu verschiedenen Zeiten aus dem konservativen Stammhalter hervorgehen, aber nicht, indem sie eine der anderen die Existenz gaben.“ [1]) In solcher Weise tritt z. B. der Vola-Typus der Pektiniden schwarmartig zuerst im Lias, dann in der Kreide, dann im Oligokän auf, und diese drei Schwärme stammen nicht voneinander, sondern jeder entsteht als eine besondere Verzweigung des normalen Pektinidenstammes.

Der Auffassung, daß große Schwankungen der Umbildungsfähigkeit der Typen im Verlauf der uns bekannten Geschichte des Lebens eingetreten sind, kann man keinen Widerspruch entgegensetzen. Man kann sie aber auch nicht beweisen, solange die in Betracht kommenden Zeiträume noch so wenig bekannt sind. Denn die Kraft der Umbildung der Arten messen wir an der Zahl neuerer Arten und Gattungen, die in einem bestimmten Zeitraume auftreten. Lyell hatte zuerst das Gesetz ausgesprochen, daß „die Langlebigkeit der Art im ganzen geringer bei den Säugetieren, als bei den Weichtieren ist.“ [2]) Dieser höhere Grad von Umbildungsfähigkeit der Säugetiere gilt

---

[1]) Koken, Paläontologie und Deszendenzlehre. Verhandl. d. Vers. d. Naturf. u. Ärzte, Hamburg 1901.

[2]) Principles of Geology. 4th. Aufl. I S. 40.

für die Säugetiere der Tertiärzeit; seit dem Schlusse derselben sind wohl alte Formen ausgestorben, aber keine neuen hinzugekommen. Selbst der diluviale Mensch scheint nicht spezifisch von dem der Gegenwart verschieden zu sein. K. E. v. Baer hatte angenommen,[1]) daß die Umbildungsfähigkeit der Lebewesen, jetzt auf ein Minimum herabgesunken, in der Tertiärzeit größer gewesen sei, „noch früher aber bei der wahrscheinlichen Umwandlung von Fischen in Reptilien und Vögel noch mächtiger gewirkt haben" könne. Diese Auffassung stützt sich nur auf die Wirbeltiere, umfaßt daher nur einen kleinen Teil der bekannten Lebensentwicklung. Auch Gaudry schließt ähnlich aus dem Vergleich der ungemein reichen Fauna der Obermiokän-Schichten von Pikermi mit der Tierwelt der Quartärzeit und Gegenwart, daß die Artbildung nachgelassen habe, denn während fast alle Typen der Gegenwart in Pikermi schon vorkommen, könnte man das Umgekehrte nicht sagen. Viele Pikermitypen sind ausgestorben: Iktitherium, Simocyon, Machairodes, Leptodon, Dinotherium, Chalciotherium, Helladotherium. Noch in der Quartärzeit lebten mit Formen von heute Mammut, behaartes Nashorn, Riesenhirsch, Höhlenbär, Elasmotherium, die heute ausgestorben sind. Die Landtiere haben also entschieden abgenommen; seit jener Epoche könnten nur die wasserlebenden Säugetiere sich noch weiter differenziert haben. Auch diese Auffassung hat nur einen ganz beschränkten Ast des Wirbeltierstammes im Auge und erstreckt sich nur über einen kleinen Bruchteil der Zeit der Lebensentwicklung, die uns bekannt ist.

Es kommt uns, die wir gewöhnt sind, das Leben wie einen mächtigen Strom von den ersten Spuren versteinerter Tiere bis zur Gegenwart herwallen zu sehen, heute schwer vor, uns in eine Auffassung zurückzudenken, gegen die

[1]) Studien. S. 429.

noch 1854 L. Agassiz sein ganzes biologisch-paläontologisches Wissen aufbot, als er die „allgemein gehegte Ansicht“ widerlegte, daß im gegenwärtigen Abschnitt der Erdgeschichte die Zahl der Gattungen und Arten der Lebewesen viel zahlreicher sei, als in allen vorhergehenden. Es fiel Agassiz, der damals wohl über die ausgebreitetste Kenntnis der Fossilien verfügte, nicht schwer, in dem Aufsatz „The primitive Diversity and Number of Animals in geological times“ [1]) dieser Ansicht sprechende Zahlen entgegenzustellen. Hatte doch damals schon Münster allein aus den Solenhofener Schichten mehr Crustaceen beschrieben, als man aus dem ganzen Mittelmeer kannte, und Barrande aus den böhmischen Silurschichten mehr Tiere dieser Klasse, als damals aus dem Indischen Ozean bekannt waren. Behrens' Untersuchungen über die Bernsteininsekten hatten in einer beschränkten Schicht des mittleren Tertiär eine ungemein mannigfaltige Fauna nachgewiesen, der kaum eine Insektenfamilie der Gegenwart fehlte. Selbst die Funde fossiler Säugetiere in Australien fingen damals schon an zahlreich zu werden, so daß ihre Artenzahl nicht mehr weit hinter den lebenden zurückstand. Wie kam aber Agassiz, der letzte große Vertreter der geologischen Katastrophen und entsprechenden Neuschöpfungen und Zerstörungen des ganzen Lebens der Erde, dazu, für eine Ansicht einzutreten, die der von ihm so schlecht verstandenen geschichtlichen Wirklichkeit entsprach? Die damaligen Vertreter der Entwicklungstheorie waren geneigt, in der geologischen Reihe der Lebewesen Belege für ein Hervorgegangensein der reichen Schöpfung von heute aus einer geringen Anzahl von noch wenig ausgebildeten Typen zu sehen. Uneingedenk der Warnung, in diesen fragmentarischen Überlieferungen nicht die eigentlichen Anfänge des Lebens sehen zu wollen, führte

[1]) American Journal of Science and Arts, Mai 1854.

sie eine Anschauung von viel zu kurzer Perspektive zu einer Auffassung der Geschichte des Lebens der Erde, die von der Wirklichkeit fast ebensoweit entfernt war wie die Cuvierische, die jetzt L. Agassiz vertrat. Dieser dagegen war zufrieden, in reichen und voneinander grundverschiedenen vorweltlichen Schöpfungen Belege entsprechend verschiedener, scharf gesonderter Zeitalter der Erdgeschichte zu finden.

Es ist nicht möglich, von der Zeit, die die Umbildung irgend einer organischen Form gebraucht hat, einen Schluß auf die Zeit zu machen, die für die Umbildung anderer nötig war. Wenn z. B. die Umbildung aller Reptilien ebenso langsam vor sich gegangen wäre wie die der Krokodilier zwischen der Jurazeit und der Gegenwart — die Unterschiede zwischen den Teleosauriern des Lias und den Krokodilen von heute sind sehr gering —, so hätte Huxley recht gehabt, wenn er fast erschrak vor der Riesengröße der Zeiträume, die dann für die Herausbildung der Krokodilier, Eidechsen, Ornithoscelida, Plesiosaurier usw. aus einem gemeinsamen Stamme nötig wären.[1]) Aber wir haben ja gesehen, wie schwankend das Tempo der Umbildung in einer und derselben Gruppe von Lebensformen sein kann. Erinnern wir uns an die gewaltige Fülle rasch aufeinanderfolgender Variationen der schalentragenden Cephalopoden von der Trias bis zum Ende der Kreide, und die im Vergleich damit fast Stillstand zu nennende Unveränderlichkeit des Nautilus. Und man muß sogleich hinzufügen, daß diese Schwankungen auch unregelmäßig eintreten. Es ist kein Rhythmus in ihnen, soweit wir erkennen können; und also auch von dieser Seite bieten sie der erdgeschichtlichen Chronologie keine Hilfe für die Zeitmessungen. Nur für

[1]) Anniversary Address to the Geological Society 1870.

die Bestimmung der Zeitfolge ist ihr Wert natürlich unbestritten und sind sie unersetzlich.

Wenn die Entwicklung der Organismen ein Auseinanderstreben aus wenigen Stämmen, vielleicht sogar aus einer einzigen Urform ist, sollte uns dann nicht auch der Abstand zwischen ihren Ästen und Zweigen einen Maßstab für ihr Alter geben? Die Frage ist im allgemeinsten Sinne schon deshalb zu bejahen, weil einer der verbreitetsten und folgenreichsten Irrtümer die Annahme der geradlinigen Deszendenz ist, wo in Wirklichkeit eine reiche Verzweigung vorliegt. Die geradlinige Ableitung des Menschen vom Affen ist ein charakteristisches Beispiel für diesen Fall von falscher Perspektive, die immer nur bei einer ganz unzulänglichen Vorstellung von den in Frage kommenden Zeiträumen möglich ist. Ferner nimmt bei den Entwicklungsreihen, die wir einigermaßen übersehen, sicherlich der Abstand mit dem Alter zu. Stärkere und einseitigere Differenzierung schaffte immer spezialisiertere Organismen aus solchen, in denen dieselben Merkmale noch nahe beieinander, weniger ausgebildet, oft nur angedeutet liegen. Sie sind wie eine Sammlung von ganz verschiedenen eng zusammengepackten Dingen, die später über einen weiten Raum ausgestreut werden. Es ist sehr bezeichnend, daß man neuerdings für solche Formen eigene „Sammeltypen“ bildet, sowie Scudder für alle Insekten des paläozoischen Zeitalters eine Unterklasse Paläodiktyoptera gebildet hat, in der die Vorläufer der Orthoptera, Neuroptera und Hemiptera vereinigt sind, die aber untereinander ebensoviel Verwandtschaft aufweisen, als zu diesen Ordnungen, in die sie später auf Wegen auseinander gehen, die in ihnen schon angedeutet liegen. Einige Sammeltypen solcher Art und ihre Ausstrahlungen werden wir wahrscheinlich eines Tages so genau kennen, daß es möglich wird, ihr Auseinandergehen durch eine Reihe von übereinanderfolgenden geologischen Schichten

zu verfolgen und die Winkel ihrer Divergenz mit geschätzten Zeiträumen in Vergleich zu setzen. Der Stammbaum der Einhufer vom Eocän bis zur Gegenwart läßt derartiges hoffen.

Der Unterschied der Zeiträume, die die Entwicklung verschiedener Lebensformen beanspruchen, ist lehrreich für das Verständnis der Bedeutung der Zeitunterschiede des Lebens überhaupt. Denn wenn wir davon ausgehen, daß die Variabilität der Lebensformen eine allgemeine Lebenseigenschaft sei, und sehen so große Unterschiede in ihrem zeitlichen Verlauf, dann erscheinen uns die Zeitabschnitte, wie wir sie abzumessen pflegen, überhaupt als eine unwesentliche Tatsache der Entwicklungsprozesse. Was können Zeitunterschiede in der Geschichte des organischen Lebens bedeuten, wenn die eine Gattung Hunderte von Millionen Jahren unverändert bleibt, während die andere sich in einem Bruchteil dieser Zeit zu einem Riesenbaum entfaltet? Wir werden die praktischen Schwierigkeiten kennen lernen, die sich aus diesem Unterschied des Tempos der Lebensentwicklung für die Gewinnung allgemeingültiger Zeitmaße der Erdgeschiche ergeben. Auf eine andere Folgerung möchte ich jetzt hinweisen. Die Brombeeren und andere Rosaceen, die Weiden, die Habichtskräuter (Hieracium), die Wühlmäuse, die Ammoniten und andere Cephalopoden sind Beispiele von ungemein variablen Pflanzen- und Tiergeschlechtern. Wenn wir sie mit so beständigen Formen wie Lingula, Nautilus, den bis in die Juraperiode zurückreichenden Lungenschnecken, den noch älteren Myriopoden und Orthopteren vergleichen, macht uns ihre Geschichte den Eindruck einer viel- und kurzwelligen Linie, während die der letzteren nur wenige ganz lange, seichte Hebungen und Senkungen zeigt. Diese Hebungen und Senkungen, die für die beschreibende Naturgeschichte die Entfaltung einer Menge von neuen Arten bedeuten, sind also unwesentlich im Vergleich mit der ein-

fach fortlaufenden Linie des Lebens. Diese Entfaltung, die wir gewöhnt sind, als einen Beweis von gewaltiger Schöpfungskraft des organischen Lebens anzustaunen, kommt uns etwa wie das Flackern eines Lichtes vor. Und wenn wir einmal dieses Bild gebrauchen, ist nicht die Entfaltung eines Geschlechtes, wie der Ammoniten, zu tausend Arten in einem verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitt, an dessen Ende sie schon in der Kreide völlig aussterben, wie das Flackern einer Flamme, die am Erlöschen ist? Dieses Auseinanderlegen des Lebens in eine Fülle von Formen, die wir Gattungen und Arten nennen, ist wohl nur eine Begleiterscheinung der anderen größeren langsam ansteigenden Entwicklung, die höhere Formen an niedere reiht. Es sind kleine, kurze Wellen, die auf eine große, lange Welle gleichsam aufgesetzt sind. Sehen wir so verschiedenwertige Entwicklungen neben- oder übereinander hergehen, da kann es wohl auch kein Bedenken haben, einen Lebensprozeß, der nur einen Tag währt, mit den 70 Jahren eines reifen Menschenlebens zu vergleichen; denn Ausgangspunkt und Ziel sind in beiden Fällen die gleichen, und nicht minder ein großer Teil des Inhaltes. Wachstum und Vermehrung füllen jene Stunden und diese Jahre aus. Sollten die geistigen Bemühungen und Ziele des Menschenlebens den Vergleich trüben wollen, so nehme man das Leben eines Elefanten, das 150 Jahre währt. Was anders unterscheidet es von dem Leben der Eintagsfliege als der langsamere Ablauf? Die Zeiträume ändern nichts am Wesen des Prozesses, der uns eben deshalb als ein verhältnismäßig untergeordneter vorkommt, im Vergleich mit dem großen Entwicklungsgang des Gesamtlebens der Erde, in dem die einzelnen Formenkreise wie Wellen eines Flusses sind, die bald fortschreiten und bald zurückgehen, ohne die Richtung der strömenden Bewegung des Ganzen, sein Ebben und Fluten zu hindern.

15. Kapitel.

Die ältesten bekannten Spuren des Lebens auf der Erde.

Suchen wir das Leben frei von subjektiver Schätzung zu betrachten, die fast immer Überschätzung ist, weil es ja zugleich unser Leben mit ist, so will es uns nicht mehr berechtigt scheinen, das Auftreten des Lebens als das größte Rätsel im kosmischen Entwicklungsprozeß aufzufassen. Wir kennen nur das Leben dieser Erde, die Entwicklung unzähliger anderer Welten mag mit oder ohne Leben geschehen, wir wissen es nicht. Und auf unserer Erde wieder ist das Leben nur eine Oberflächenerscheinung von ganz geringer Tiefe, die vielleicht am besten mit einem Lichthauch und Farbenspiel von der Sonne, der darüber hinhuscht, zu vergleichen wäre. Eben deshalb kann es uns gar nicht in den Sinn kommen, das Leben als Zeitmaßstab für die ganze Geschichte der Erde anzunehmen, denn dafür ist seine Geschichte zu kurz, sein ganzes Wesen zu ephemer, wie groß wir beide auch immer von unserem Standpunkte auffassen mögen.

Die Geschichte des Lebens auf der Erde ist uns nur in seinem allerletzten Abschnitt bekannt; wir halten nur das kleine Ende eines sehr langen Fadens in der Hand, der aus ganz nebensächlichen Gründen plötzlich von der Basis der paläozoischen Ablagerungen abgerissen ist. Für die Geschichte des Lebens auf der Erde an und für sich bedeutet dieses Abgerissensein nichts, unserem Wissen davon baut es allerdings eine Mauer. Gelingt es aber, über das dahinter liegende Leben Gedanken von irgend welcher Begründung zu bilden, so dürfen diese in keiner Weise von dem Dasein dieser Mauer beeinflußt sein. Das sind sie aber lange gewesen und sind sie zum Teil noch heute, denn man gewöhnt sich schwer, den zufälligen,

unbedeutenden Charakter dieses Abschnittes zu erkennen. Man möchte soviel Unterschiede wie möglich zwischen jetzt und damals finden, die Ein- und Gleichförmigkeit des wirklichen Lebensverlaufes entspricht aber nicht den Vorstellungen, die wir davon mitbringen. Versuchen wir es, einmal die Frage zu beantworten:

16. Kapitel.

Wo liegen die ältesten Lebensspuren?

Unter allgemeinem Einverständnis ist das Eoozoon Canadense aus der Liste der Lebensreste gestrichen, so bleiben aus vorkambrischen Schichten noch Dawsons Archaeosphaerina und Matthews Cyathospongia, beide aus den Laurentischen Schichten Canadas. Ebenso hat man in Präkambrium der Bretagne Radiolarien- und Schwammnadeln zu finden geglaubt. Alle diese Dinge sind schwer zu bestimmen und werden auch angefochten. Unter allen Umständen gewähren sie eine höchst unvollkommene Vorstellung von der Lebensentwicklung jenes entlegenen Zeitalters, und wenn ihre organische Natur über allen Zweifel hinaus festgestellt werden sollte, würden sie uns auch nichts wesentlich Neues sagen. Der Reichtum kalk- und kieselschaliger Organismen in den kambrischen Ablagerungen und die Häufigkeit solcher Ausscheidungen in den niedersten Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches von den Protozoen und Algen aufwärts läßt die Ansicht, daß die präkambrischen Formen alle weich, vergleichbar etwa den Larven lebender Echinodermen und dergl., gewesen sein möchten und deshalb spurlos verschwunden seien, als ganz unglücklich erscheinen. Nichts rechtfertigt sie als der Wunsch nach einer Erklärung. Die Tatsachen des Lebens deuten zum Teil klar auf den umgekehrten Gang: bei Korallen, Cephalopoden, Schnecken sehen wir die schalenlosen Formen aus den

schalen- oder gehäustragenden sich entwickeln, den Kalkreichtum abnehmen. Die Coelenteraten der paläozoischen Schichten sind mit Kalk überladen; je näher wir der Gegenwart kommen, um so dünner werden bei ihnen die Lamellen und die Säulen.

Die Einbildungskraft früherer Forscher, die sich auf diese leere Wand eine jugendfrische Erde voll Schöpferkraft malte, lebt noch fort in der Deutung der Massen von Kohlenstoff, die in den Schichten der Kohlenformation liegen, als Zeugnisse der „jugendlichen Energie eines überschwellenden Typus der Vegetation, die damals zuerst den Boden zu ihrem Gedeihen fand". Die Kohlenlager in jüngeren Formationen und die Pflanzenreste des Devon zeigen, daß auch diese Vorstellung unbegründet ist.

So groß die Menge der ausgestorbenen Organismen des paläozoischen Zeitalters, so beschränkt ist im Grunde doch ihr Formenschatz. Auch in den ältesten Perioden der Erdgeschichte hat es keinen anderen Typus von Tieren oder Pflanzen gegeben als heute. Das Aussterben und Neuentstehen von Hunderttausenden von Gattungen und Arten macht nur den Eindruck endloser Variationen über ein ganz beschränktes Thema. Das deutet auf äußere Umstände, die nicht sehr verschieden gewesen sein können von den heutigen, und sollten wir Altersstufen der Erde annehmen, so würden die Lebewesen der Gegenwart und der kambrischen Periode einer und derselben verhältnismäßig jungen zuzuweisen sein.

Aus der Zeit, aus der die ersten, wohlerhaltenen Reste des Lebens stammen, kennen wir keine einzige fossile Pflanzen- oder Tierform, die nicht auch in der Gegenwart leben könnte, vielleicht an anderer Stelle, aber jedenfalls auf derselben Erde. Die Zahl der Lebewesen, die mit geringen Veränderungen sich aus jener sicherlich weit entlegenen Zeit bis heute lebend erhalten haben, ist gewiß noch nicht abgeschlossen. Sie umschließt nicht nur „niedere"

Tiere. Auch ein Wirbeltier, der permische Ganoidfisch, den einst Gaudry als Megapleuron bezeichnet hatte, entfernt sich so wenig von seinen in Australien erhaltenen Nachkommen, daß Vaillant ihn neuerdings einfach der lebenden Gattung Ceratodus einordnet. Aber auch Lingula, die zu den allerältesten gehört, und der sehr alte Nautilus sind als Brachiopoden und Cephalopoden verhältnismäßig hochorganisierte Wesen und leben wenig verändert, jene seit dem Kambrium, dieser seit dem Silur. Wenn auch die Zahl der kambrischen Fossilien durchaus nicht im Verhältnis steht zur Mächtigkeit der Schichten der kambrischen Formation, so finden wir doch alle Klassen der Weichtiere, die tiefen Gruppen der Krustentiere, zahlreiche Brachiopoden, Würmer, Cystideen, Coelenteraten; das besagt eine bereits sehr weit gediehene Differenzierung und läßt, um mit Gaudry zu reden, „un laps de temps immense“ [1]) zwischen dem Auftreten der ersten Lebewesen und dieser „Primordialfauna“ voraussetzen. Mit anderen Worten hat dasselbe schon Ramsay zwanzig Jahre früher von dem, erdgeschichtlich gesprochen, ganz modernen Charakter der ältesten Fauna gesagt: „Im Vergleiche mit dem, was vorhergegangen sein muß, sowohl in der Erde als im Leben, kommen mir alle Erscheinungen dieser alten Zeit (der kambrischen) ganz modern vor; und das Klima des Landes und Meeres muß dasselbe gewesen sein wie heute.[2]) So bezeugt denn auch der allgemeine Bau oder, wenn man so sagen kann, der Stil der Lebensformen nichts Anfängliches und verrät kein Tasten oder Irregehen. Ein geistreicher Paläontolog wie Gaudry bekennt, daß er erstaunt ge-

---

[1]) Essai de Palèontologie philosophique 1896. S. 47.

[2]) An einer anderen Stelle betont Ramsay in demselben Aufsatz: „On the comparative Value of certain Geological Ages considered as items of Geological Time“ (Proceedings R. Society 1870. S. 334) „this earliest known varied life“, das so gar nicht den Eindruck des Beginnens einer Entwicklungsreihe mache.

wesen sei über die „Eleganz“ der Geschöpfe des Silur-Zeitalters.

Versuchen wir kurz zusammenzufassen, so liegt die Bedeutung der Geschichte des Lebens für die Zeitforderung nicht nur darin, daß das, was das Leben an Zeit fordert, noch weit über die Zeitforderung der geologisch bekannten Erde für sich hinausgeht, sondern daß jene überhaupt die größte Forderung für die Gesamtgeschichte unseres Planeten ist, die heute wissenschaftlich geltend gemacht werden kann. So ist es also nicht die Geologie, sondern die Biologie, welche zunächst über die „Masse“ verfügt. Was auch von anderer Seite über die Chronologie jener Geschichte geforscht werden mag, es muß sich hinsichtlich der Zeitmengen der Biologie unterordnen. Es ist möglich, daß die Astronomie uns eines Tages für die Erde als Weltkörper noch weit größere Zeiträume gewährt; doch liegt das in der Zukunft. Für die Chronologie der Abschnitte der Erdgeschichte, die wir hoffen dürfen, wissenschaftlich zu erkennen, wird wohl für lange die Zeitforderung der Biologie maßgebend bleiben.

Für die Abkühlungs- und Einschrumpfungs-Hypothese bedeutet das folgendes: Wenn die Erdoberfläche in dem Abschnitt ihrer Geschichte, aus dem uns die ältesten Spuren ihres Lebens erhalten sind, im allgemeinen bereits so beschaffen war wie heute, wird die Frage berechtigt, ob nun der veränderte Zustand, den die Abkühlungs-Hypothese fordert, einfach um einen Abschnitt zurückzuschieben sei? Die Geringfügigkeit wesentlicher Veränderungen an der Oberfläche des Planeten in der Zeit zwischen heute und dem Präkambrium macht die Annahme nicht von vornherein wahrscheinlich, daß in einem entsprechend großen vor dem Präkambrium liegenden Abschnitt die Veränderungen größer gewesen seien. Wir finden Gesteine, die jüngeren umge-

wandelten Schichtgesteinen vollkommen gleichen, und zwischen ihnen plutonische Einlagerungen von vulkanischem Charakter. Doch muß zugegeben werden, daß die Sprache dieser gewaltigen Gesteinsmassen noch sehr undeutlich ist, und daß nur die Rückschlüsse aus dem postkambrischen Leben auf das präkambrische imstande sein werden, ein helleres Licht in jene so weit entfernten Zeiten zu werfen.

Wenn nun die physikalischen Grundlagen, auf die Lord Kelvin seine Berechnung stellte, sicher waren, so ist nur um so zwingender der Schluß, daß die Vorstellung von der Erde, von der er ausging, falsch sein müsse, auch für die Zeit, die noch vor den ersten Lebensspuren liegt. Die Erdrinde kann nicht nur nicht das Ergebnis einer verhältnismäßig jungen Abkühlung und Erstarrung sein, wie er annahm, das Stadium der glühendflüssigen Erdoberfläche muß, wenn es je war, noch sehr viel weiter zurückliegen, als er meinte. Weit hinter der Zeit, die er für den Übergang aus dem glühendflüssigen in den starren Zustand ansetzt, beweisen Land, Meer und Leben einen Zustand der Erdoberfläche, der nicht wesentlich anders war als der heutige. Daraus folgen nun auch ganz andere Annahmen für das Erdinnere. Setzen wir auch mit jenem Physiker ein gleichmäßiges Wachstum der Wärme des Erdinneren bis zum Schmelzpunkt der Gesteine voraus, so können wir es doch nicht als einen zusammenhängenden Rest der einst flüssigen Glutmasse des Planeten auffassen, sondern müssen uns nach anderen Gründen umsehen, warum es noch so nahe bei der Oberfläche der Erde vorkommt. Und ebenso kann uns die fortdauernde Wärmeausstrahlung und Abkühlung der Erde nicht als ein einfacher Fortgang des Abkühlungsprozesses jenes Glutballes erscheinen, wir müßten doch sonst eine Abnahme dieser Ausstrahlung sehen; davon ist aber keine Spur zu finden. Damit fällt nun auch die Verknüpfung der Erscheinungen des Vulkanismus und der Gebirgsbildung mit der Kant-Laplaceschen Hypothese

dahin; es muß eine neue Erklärung gesucht werden, die diese Erscheinungen mit einem gealterten Erdball verknüpfen, der viel mehr, als man meinte, von seiner etwaigen ursprünglichen Wärme verloren hat, so daß es fraglich ist, ob das, was wir Erdwärme nennen, überhaupt geradlinig von dieser herzuleiten sei. Außerdem muß angesichts der ungeheueren Zeitforderung, die nun nötig wird, die Mitwirkung von kosmischen, hereinstürzenden Stoffen als absolut notwendig angenommen und jedenfalls viel größer gedacht werden.

Diese kosmischen Zufügungen waren einer kurzen und ungewissen Perspektive nebensächlich oder vielmehr zufällig erschienen; mit dem Anwachsen der wissenschaftlich berechtigten Zeitforderung werden sie zu einem zunehmend wesentlicheren Bestandteil der Erde. So dürfte mit dem Fortschreiten der Methoden der Zeitschätzung noch manche erdgeschichtliche Größe an Bedeutung wachsen oder auch abnehmen und damit die Chronologie als ein wissenschaftliches Werkzeug von unerwarteter Leistungsfähigkeit erkannt werden.

Und dennoch, immer mehr wird der Geolog mit Goethe es fühlen:

Du zählst nicht mehr, berechnest keine Zeit,
Und jeder Schritt ist Unermeßlichkeit.

Buchdruckerei Robert Noske, Borna-Leipzig.

Namenverzeichnis.